

**CAPÍTULO I**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO Y**  
**METODOLÓGICO**

## **CAPÍTULO I**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El presente Proyecto de Grado tiene por objetivo la identificación y evaluación de tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Tarija – El Puente y propuesta de acciones de mejora para su prevención.

Los accidentes de tránsito en carreteras son una de las causas principales de muerte de personas en todo el mundo y más en nuestro medio. Por tanto, la tarea del ingeniero civil es la de estudiar la seguridad vial y proponer acciones que permitan la reducción de accidentes, localizando los tramos de concentración de accidentes de tránsito.

El análisis e identificación de puntos de concentración de accidentes de tránsito y la seguridad vial con que cuente una vía es de gran importancia, para poder prevenir accidentes de tránsito mediante la remarcación o señales de prevención de puntos de concentración donde se producen más accidentes, y así de esta manera poder reducir la cantidad de accidentes en un tramo que será considerado tramo de concentración de accidentes.

La identificación de tramos de concentración de accidentes es el primer paso en los programas de seguridad vial, que tienen como objetivo principal reducir la ocurrencia de accidentes mediante la implementación de medidas de prevención.

La carretera en estudio del tramo Tarija – El Puente cuenta con una longitud de 79.8 km y para su análisis se la dividirá en tramos de 1Km de acuerdo a diferentes métodos estudiados para su análisis, gracias a esto se podrá determinar los tramos de concentración de accidentes de la carretera en donde ocurren la mayor cantidad de accidentes y así poder determinar las causas de los mismos y dar posibles soluciones para el mejoramiento de la seguridad vial en esta carretera y la prevención de accidentes de tránsito.

Con el presente Proyecto de Grado lo que se pretende es aportar una investigación que nos ayude a minimizar los accidentes de tránsito en una carretera y su relación con el diseño geométrico, la falta de señalización y la falta de elementos de seguridad vial.

A partir del presente proyecto de grado “Valoración de Medidas de Seguridad en carreteras Montañas”, se valoró las medidas de seguridad vial de la carretera fundamental uno del tramo Padcaya- La Mamora, primeramente se halló los Tramos de concentración de accidentes en función a tres métodos basándonos en la cantidad de accidentes del tramo, volumen de tráfico y longitud total de cada tramo, se valoró un total de 4 tramos, se debe aclarar que todos los tramos fueron de 1 km de longitud, para la aplicación de estos métodos fue necesario contar con la cantidad de accidentes en diferentes gestiones datos que fueron obtenidos de la unidad operativa de tránsito del departamento de Tarija. (Quiroga, 2017)

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE APLICACIÓN**

Los accidentes de tránsito a menudo resultan en daños materiales (daños a los vehículos involucrados o al objeto investido), daños humanos (lesiones de diversa gravedad, discapacidad o muerte), así como costos financieros tanto para la sociedad como para las personas involucradas.

Éstos no son aleatorios ni imprevisibles, y usualmente están acompañados por corresponsabilidades, como pueden ser ajenas al conductor (falta de señalización adecuada, carencia de iluminación en las carreteras, falla mecánica del vehículo, la mala construcción o el mal estado de la carretera, etc.), así como propios del o los conductores en cuestión (no respetar las señales de tránsito, conducir en estado de ebriedad u otros efectos de estupefacientes, distracciones como utilizar el celular mientras se maneja, conducir a exceso de velocidad, realizar maniobras peligrosas, etc.).

En Bolivia, la características en la evolución de su perfil epidemiológico más algunas evidencias encontradas, inducen a pensar que el problema de accidentes de tránsito constituye un serio desafío para la salud pública debido a las características contextuales del país entre las que se destacan las condiciones de pobreza, las deficiencias de

infraestructura vial, deficiencias de educación de la población y las características topográficas donde se ubican las ciudades, caminos y carreteras interdepartamentales.

La importancia del análisis e identificación de puntos de concentración de accidentes de tránsito y determinar los niveles de seguridad de las diferentes rutas de la red vial en un país es el punto de partida para determinar las acciones a mediano y largo plazo que deben realizarse con el propósito de mejorar las condiciones de seguridad vial y que los niveles se encuentren en rangos razonables en cada país, en nuestro medio de la misma manera pese a que no tenemos los mismos niveles de accidentabilidad que otros países, no deja de ser preocupante en algunos tramos el incremento año a año de la cantidad de accidentes haciendo que ciertos tramos tengan un bajo nivel de seguridad vial.

Así mismo, esta investigación constituye una contribución para las entidades públicas y privadas involucradas en el tema, pues permite aplicar nuevas estrategias que permitan mejoras en materia de Seguridad Vial.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Situación problemática**

Por ser la accidentalidad un problema a nivel mundial se hace necesario aplicar metodologías que han sido estudiadas en otros países, ya que en nuestro medio no contamos con una norma o guía para la determinación puntos de concentración de accidentes de tránsito TCA.

En la carretera Tarija – El puente se presentan accidentes de tránsito debido a diferentes factores como ser, mantenimiento de la carretera, presencia de curvas peligrosas, falta de señalización en tramos críticos, factores relacionados con el vehículo, como la falta de mantenimiento del vehículo, lo más relevante es la imprudencia del conductor como ser, adelantar vehículos sin considerar las distancias seguras, exceso de velocidad, usar el celular mientras maneja, etc. También el estado del conductor al momento de la conducción como la presencia de sueño, la fatiga, manejar en estado etílico o bajo presencia de medicamentos que alteran la atención del conductor disminuyendo sus reflejos y en el último caso también se tiene elementos relacionados con el factor climático

que muchas veces condiciona a que se presenten problemas en la conducción como la presencia de neblinas la cual disminuye la visibilidad, las precipitaciones que disminuyen la adherencia del neumático con el asfalto de la carretera disminuyendo la estabilidad del vehículo y los deslumbramientos naturales por la luz del sol, similares a los de deslumbramientos de luces vehiculares en conducción nocturna que ciegan la visión por unos instantes al conductor lo cual según las circunstancias puede generar un accidente de tránsito. Por lo expuesto es necesario la valoración de las medidas de seguridad vial en esta carretera, para encontrar las principales causas de estos accidentes en puntos críticos y así poder dar soluciones que nos permitan evitar accidentes de tránsito en el futuro.

### **1.3.2. Problema**

¿Se podrá disminuir la cantidad de accidentes de tránsito, mediante la identificación, la evaluación y con la ayuda de soluciones ingenieriles en los puntos con más concentración de accidentes en la carretera Tarija – El Puente?

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Identificar y evaluar los puntos de concentración de accidentes de tránsito en la carretera Tarija – El Puente, para proponer una mejora ingenieril en la prevención de éstos.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar los lugares específicos donde se producen más accidentes de tránsito.
- Comparar las velocidades que imprimen los vehículos en tramos estudiados con las velocidades de diseño de la carretera.
- Proponer acciones de mejora en los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la carretera Tarija – El Puente.
- Evaluar y cuantificar la señalización de la carretera de estudio.

- Cuantificar la cantidad de vehículos que circulan por la carretera en estudio o Aforo de Datos para la determinación del Volumen de Tráfico y poder obtener el Tráfico Promedio Diario Anual.
- Determinar los TCA de la carretera a través de la aplicación de métodos basados en el volumen de tráfico y la cantidad de accidentes.
- Plantear posibles soluciones para la disminución de accidentes de tránsito.

## **1.5. HIPÓTESIS**

Si se realiza la correcta identificación y evaluación de los puntos de concentración de accidentes de tránsito en la carretera en estudio, tomando en cuenta los diferentes factores del accidente y el número de accidentes ocurridos en el tramo se podrá determinar si un tramo es considerado tramo de concentración de accidentes.

## **1.6. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **1.6.1. Componentes**

#### **1.6.1.1. Unidades de estudio**

Identificación y evaluación de puntos de concentración de accidentes de tránsito

#### **1.6.1.2. Población**

La población de la investigación está conformada por la carretera Tarija – El Puente donde se presentan más accidentes de tránsito.

#### **1.6.1.3. Muestra**

La muestra de la investigación está conformada por los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la carretera Tarija – El Puente. La muestra consistirá en tramos de concentración de accidentes, será obtenida empleando los 5 métodos de identificación de tramos de concentración de accidentes de tránsito.

#### **1.6.1.4. Muestreo**

Se obtendrán los datos de 79.8 km de la carretera fundamental que une los departamentos de Tarija con Chuquisaca, exactamente el tramo Tarija – El Puente, en dicho tramo se realizara el correspondiente aforo para poder obtener los datos de volumen y el registro de accidentes que nos permitan aplicar los métodos para determinar los tramos de concentración de accidentes, también se realizara el levantamiento de la señalizaciones verticales y horizontales, se analizara el diseño geométrico y las condiciones climatológicas en los puntos críticos de la carretera para poder determinar las causas principales de los accidentes a través de una valoración de las medidas de seguridad vial.

## **1.7. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS**

### **1.7.1. Definición de métodos y técnicas**

#### **Método inductivo**

El método inductivo es una estrategia de razonamiento que se basa en la inducción, para ello, procede a partir de premisas particulares para generar conclusiones generales.

El método inductivo, como tal, sigue una serie de pasos. Inicia por la observación de determinados hechos, los cuales registra, analiza y contrasta. A continuación, clasifica la información obtenida, establece patrones, hace generalizaciones, para inferir, de todo lo anterior, una explicación o teoría.

El método inductivo suele basarse en la observación y la experimentación de hechos y acciones concretas para así poder llegar a una resolución o conclusión general sobre estos; es decir en este proceso se comienza por los datos y finaliza llegan a una teoría, por lo tanto, se puede decir que asciende de lo particular a lo general. En el método inductivo se exponen leyes generales acerca del comportamiento o la conducta de los objetos partiendo específicamente de la observación de casos particulares que se producen durante el experimento.

Se aplicará este método al presente Proyecto de Grado porque partiremos de la observación y muestreo de los datos necesarios para realizar la valoración de las medidas de seguridad vial a través de un aforo de datos de 24 horas por tres días para determinar el tráfico promedio diario TPD, de un aforo de velocidades en los tramos de

concentración de accidentes diferenciando el carril y el tipo de vehículo y un registro de accidentes de tránsito que nos permita apreciar los tipos de accidentes y las causas de los mismos, todo esto nos permitirá aplicar los métodos para determinar los tramos de concentración de accidentes en la carretera Tarija – El Puente aquí aplicando el método inductivo partiremos de los datos observados y obtenidos a realizar la valoración de las medidas de seguridad vial en la carretera que nos permita establecer conclusiones sobre las posibles causas de accidentes en esta carretera.

### **Técnica de observación estructurada de campo**

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación.

Para este proyecto de Grado se utilizará la técnica de Observación de campo estructurada que se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados que se realiza con la ayuda de elementos técnicos apropiados, tales como: Fichas, récords Anecdóticos, grabaciones, fotografías, listas de chequeo de datos escalas, etc., por lo cual se le denomina observación sistemática. El proceso operativo de la observación, independientemente de cuál sea su tipo, se rige básicamente por las siguientes premisas:

- Determinar el objeto, situación, caso, etc. (que se va a observar).
- Determinar los objetivos de la observación (para qué se va a observar).
- Determinar la forma con que se van a registrar los datos.
- Observar cuidadosa y críticamente.
- Registrar los datos observados.
- Analizar e interpretar los datos.
- Elaborar conclusiones.



Se hará una observación en la carretera de estudio en los lugares donde ocurren la mayor cantidad de accidentes para poder obtener el número de vehículos que circula por este tramo, el tipo de vehículo y las velocidades a las que pasan los mismos diferenciando el vehículo pesado del liviano.

### **1.7.2. Técnicas de muestreo**

#### **Muestreo no probabilístico por conveniencia**

Las técnicas de muestreo estadístico son las estrategias aplicadas por los investigadores durante el proceso de muestreo estadístico. En este Proyecto de Grado se utilizará la técnica de muestreo no probabilístico que es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados.

Es difícil lograr un muestreo aleatorio auténtico. La mayoría de los investigadores tienen limitaciones temporales, monetarias y de mano de obra y, gracias a ellas, es casi imposible tomar una muestra aleatoria de toda la población. Generalmente, es necesario emplear otra técnica de muestreo, la técnica de muestreo no probabilístico.

A diferencia del muestreo probabilístico, la muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador.

Se utilizará el Muestro no Probabilístico por conveniencia en el que las muestras son seleccionadas porque son accesibles para el investigador. Los sujetos son elegidos simplemente porque son fáciles de reclutar. Esta técnica es considerada la más fácil.

### **1.7.3. Instrumentos para la obtención de datos**

#### **Cronómetro digital**

Un cronómetro es una variante del reloj tradicional. Su función es medir el tiempo, pero con una precisión mayor que la del reloj. Tanto uno como otro pueden estar en un mismo dispositivo, el cronómetro tiene la función de medir el tiempo con exactitud.

### **Cinta métrica flexible de 100 metros**

Una cinta métrica, un flexómetro o simplemente metro es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil.

### **GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS; en inglés, Global Positioning System), es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de cualquier objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.

### **Teléfono inteligente**

El teléfono inteligente (del inglés Smartphone) es un dispositivo móvil que combina las funciones de un teléfono celular y de una computadora u ordenador de bolsillo. Estos dispositivos funcionan sobre una plataforma informática móvil, con mayor capacidad de almacenar datos y capaz de realizar tareas simultáneamente, tareas que realiza una computadora, y con una mayor conectividad que un teléfono convencional.

## **1.8. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

### **1.8.1. Tratamiento de datos**

Se utilizarán los siguientes parámetros estadísticos para el tratamiento de los datos en la Velocidad de Tráfico y el Volumen de Tráfico en los que a través del uso de la Media Aritmética determinaremos el tipo de vehículos que pasan con mayor frecuencia en nuestro tramo de estudio, y utilizando la Desviación Estándar se realizará la depuración de datos para poder determinar la velocidad promedio de tráfico en los días de estudio para posteriormente utilizar estos resultados para aplicar los métodos para determinar los TCA, de acuerdo a los cinco métodos estudiados

### **La media aritmética**

También se le conoce como promedio; es la suma de todos los elementos dividida entre el número total de ellos. Matemáticamente se representa de la siguiente manera:

Sea  $X$  una variable;  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , la población generada por  $X$ , el promedio de la población será:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

Dónde:

$n$  = Tamaño de la Población.

$\mu$  = Media Aritmética Poblacional.

$X_i$  = Elemento de la Población.

Existen dos tipos de medias, la Media Poblacional que se representa con la letra griega “ $\mu$ ” y la Media Muestral que se representa con una  $X$  testada “ $\bar{X}$ ”, ambas se obtienen de la misma forma. La Media Aritmética es una medida que se utiliza para describir poblaciones.

Una característica de la Media Aritmética que debe tenerse en cuenta cuando se describe una población es que esta medida es afectada por los valores extremos de la muestra o población. La Media Aritmética es una buena medida descriptiva de una población, si los datos de ésta no se encuentran muy dispersos.

### **Desviación estándar**

Esta medida nos indica que tan dispersos se encuentran en promedio, los datos con respecto a la media aritmética. Existen dos tipos de desviación estándar, la Desviación Estándar Muestral y la Desviación Estándar Poblacional.

La Desviación Estándar Poblacional se calcula en base a la media aritmética poblacional, utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{N}} \quad (2)$$

Dónde:

N = Tamaño de la Población.

$\mu$  = Media Aritmética Poblacional.

$X_i$  = Elemento de la Población.

$\sigma$  = Desviación Estándar Poblacional.

La desviación estándar nos puede indicar cómo se comportan los datos alrededor de una medida de tendencia central y como en ocasiones a pesar de tener el mismo valor dos muestras diferentes, en su medida de tendencia central, el grado de dispersión es distinto. Pudiéramos tener una muestra en que su media aritmética fuera 4 y que los datos oscilaran entre 3 y 5, y otra muestra que su media aritmética fuera 4 y que sus datos oscilaran entre 0 y 8. Aunque ambas tienen el mismo valor en su medida de tendencia central, tienen distinta distribución de los datos, de aquí la importancia de tener una medida que nos indique el grado de dispersión de los datos con respecto al dato central. La Desviación Estándar Muestral tiene dos modificaciones con respecto a la Poblacional, ya que se utiliza la media aritmética muestral y el tamaño de la muestra menos 1, quedando la fórmula de la siguiente manera:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

$X_i$  = Elemento de la población

$\bar{X}$  = Media Aritmética muestral.

S = Desviación estándar muestral.

## **PROCESO METODOLÓGICO DEL TRABAJO**

- Recolectar la mayor cantidad posible de registros de accidentes de tránsito, la mayor cantidad de años pasados de registro de accidentes producidos en la carretera Tarija-El Puente. Los datos obtenidos contarán con la siguiente información: fecha de registro, hora, zona del hecho, tramo carretero (salida-

llegada), GPS latitud-longitud, descripción del hecho, estado de la vía, tipo de vehículo, tipo de servicio que presta, cantidad total de heridos, cantidad total de víctimas del hecho.

- Realizar un levantamiento topográfico de las zonas consideradas TCA.
- Diagnosticar la carretera Tarija - El Puente a través de un examen visual para apreciar la geometría de la carretera, la señalización y el estado del pavimento.
- Recuento manual específico de siete días por 24 horas en cada punto para obtener del volumen de tráfico para determinar el Trafico Promedio Diario Anual.
- Ubicar le lugar donde se producen más accidentes de tránsito y aplicar los métodos para la determinación de los tramos de concentración de accidentes de la carretera a través de datos obtenidos en tránsito.
- Evaluación visual y conteo de la señalización vertical y Horizontal de la carretera.
- Diagnóstico visual del estado del pavimento de la carretera para determinar cuánto este puede influir en los accidentes de tránsito y afecte a la circulación en el tramo de estudio.
- Utilizando el método del cronometro se hallará las velocidades de circulación en los tramos de concentración de accidentes diferenciando el carril y el tipo de vehículo.
- Depuración de los datos obtenidos a través de un análisis estadístico.
- Inspección de las medidas de seguridad en tramos específicos de concentración de accidentes de tránsito a través de un análisis mediante el factor vehicular, humano y factor meteorológico.
- Análisis de los resultados para la determinación de las causas de los accidentes en los puntos críticos encontrados en la carretera para ver si estos corresponden a la falta de señalización, al diseño geométrico o por el estado de la carretera.

- Se hará una propuesta para su prevención.

### **1.9. ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN**

Se utilizará todos los conocimientos obtenidos mediante la investigación y se los llevará a la práctica, y con ello traer beneficios a la sociedad, mediante la prevención de accidentes de tránsito. Se evaluarán los tramos de concentración de accidentes de tránsito de acuerdo a las normas vigentes y conocimientos obtenidos durante la formación profesional, con lo cual se propone estrategias y acciones de mejora para prevenir los mismos, con ello traer beneficio a la sociedad.

En el Capítulo I se realizará una introducción del porque se realizó el presente proyecto para luego Justificar y plantear el problema que nos ayudara a determinar los objetivos de nuestra investigación.

En el Capítulo II describiré todos los métodos encontrados mediante la investigación relacionados con la ingeniería de tráfico, la seguridad vial en carreteras y como se determinada si un tramo es considerado TCA.

En el Capítulo III se harán aforos de volumen y velocidad de tráfico en los posibles TCA para que a través de los mismos podamos aplicar los métodos que nos permitan determinar que tramos de nuestra carretera corresponden a un tramo de concentración de accidentes, con la ayuda de métodos investigados descritos en el capítulo II. Se elaborará una propuesta de acciones para la prevención de accidentes en los tramos considerados TCA.

En el Capítulo IV se elaborará las conclusiones y recomendaciones de nuestro proyecto para poderlo mejor con una posible aplicación en diferente lugar.

## **CAPÍTULO II**

# **ESTADO DE CONOCIMIENTO**

## CAPÍTULO II

### ESTADO DE CONOCIMIENTO

#### 2.1. ACCIDENTE DE TRÁNSITO

En el mundo mueren 1.2 millones de personas y 35 millones resultan heridas a consecuencia de accidentes de tránsito, con un costo económico aproximado de 518 mil millones de dólares anuales, lo que representa un promedio del 1.5% del (PBI). Estas cifras aumentarán en 65% en los próximos 20 años, de no existir un compromiso con la prevención.

La principal causa de los accidentes de tránsito acontecidos en los países de la Comunidad Andina como son Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú fueron la imprudencia ocasionada por el conductor y el exceso de velocidad, también fueron causas de accidentes de tránsito la embriaguez o droga, la imprudencia ocasionada por el peatón, fallas mecánicas de los vehículos y vías en mal estado, según indicó la comunidad andina de naciones. En Bolivia la cantidad de accidentes de tránsito han ido reduciendo con el pasar de los años, de 39,874 en el 2008 a 20,534 en el 2019.

Cuadro N° 1 Accidentes de tránsito registrados en Bolivia, según clase de accidentes, 2008 – 2019

Clase de accidentes	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Tarija</b>	<b>39874</b>	<b>41882</b>	<b>39035</b>	<b>39407</b>	<b>39799</b>	<b>36512</b>	<b>31782</b>	<b>30792</b>	<b>28665</b>	<b>25498</b>	<b>20972</b>	<b>20534</b>
Atropellos	5779	6041	6084	6000	6520	6027	5035	4757	4273	4032	3609	3666
Caída de personas - pasajeros	471	585	793	729	797	784	690	523	627	411	277	431
Choque a objeto fijo y vehículo detenido	9663	9559	8528	8754	8647	8209	7429	7897	6805	5812	4973	4534
Vuelcos	1091	1020	989	1002							455	477
Colisiones	21484	23279	21259	21594	20977	18800	16356	15213	14169	12445	9842	9325
Embarrancamiento, deslizamiento encunetamiento	1355	1368	1330	1312	1076	1439	1138	1376	1013	1400	1197	1471
Otros hechos de tránsito	31	30	52	16	59	110	90	256	1089	826	619	630

Fuente: Departamento de Estadística de la Policía Boliviana, Observatorio Boliviano de Seguridad Ciudadana y Lucha Contra las Drogas, Instituto Nacional de Estadística.

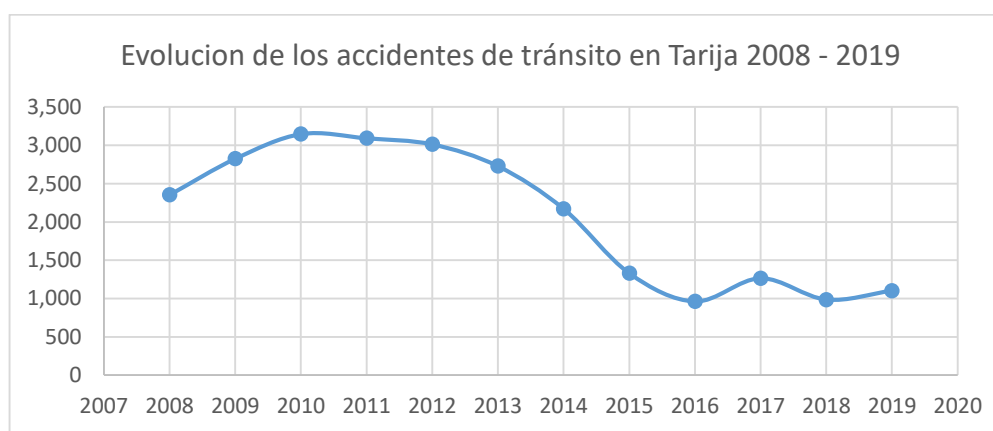


Cuadro N° 2 Accidentes de tránsito registrados en Tarija, según clase de accidentes, 2008 – 2019

Clase de accidentes	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Tarija</b>	<b>2353</b>	<b>2825</b>	<b>3147</b>	<b>3092</b>	<b>3012</b>	<b>2727</b>	<b>2170</b>	<b>1328</b>	<b>961</b>	<b>1263</b>	<b>985</b>	<b>1101</b>
Atropellos	304	344	322	321	279	248	253	182	147	159	155	179
Caída de personas - pasajeros	48	80	131	88	85	75	79	28	53	61	7	25
Choque a objeto fijo y vehículo detenido	531	791	842	786	807	585	480	276	180	228	186	225
Vuelcos	141	128	78	103	133	80	78	61	54	36	43	38
Colisiones	1239	1381	1626	1648	1587	1605	1176	646	442	595	421	451
Embarrancamiento, deslizamiento y encunetamiento	88	99	141	141	110	127	103	123	59	124	134	157
Otros hechos de tránsito	2	2	7	5	11	7	1	12	26	60	39	26

Fuente: Departamento de Estadística de la Policía Boliviana, Observatorio Boliviano de Seguridad Ciudadana y Lucha Contra las Drogas, Instituto Nacional de Estadística.

Figura N°1. Evolución de los accidentes de tránsito en Tarija, 2007-2016



Fuente: Departamento de Estadística de la Policía Boliviana, Observatorio Boliviano de Seguridad Ciudadana y Lucha Contra las Drogas, Instituto Nacional de Estadística.

### 2.1.1. Definición de accidentes de tránsito

**Accidente de tránsito.** - El código nacional de tránsito boliviano conceptualiza el accidente de tránsito como: “Suceso del que resultan daños a las personas o las cosas”.

**Accidentes de Tránsito.** - La academia de tráfico de España indica textualmente: Concepto normativo de accidentes de tráfico. El que reúne las siguientes condiciones:

- a) Que se produzca en una vía de circulación pública o tenga en ella su origen.
- b) Que, a causa del mismo, una o varias personas resulten muertas o heridas o se produzcan daños materiales.
- c) Que al menos un vehículo en movimiento esté implicado.

### **2.1.2. Clasificación de los accidentes de tránsito**

La clasificación sobre los accidentes de tránsito, según sea un criterio legal o el fin para el que se utilicen y en base a diferentes criterios de clasificación, tenemos:

#### **a) Clasificación en el código nacional de tránsito**

Nos remitimos a la clasificación establecida en el código nacional de tránsito, previa una conceptualización de lo que es el accidente de tránsito:

**Accidentes.** -Accidentes son sucesos de los que resultan daños a las personas o las cosas. Pueden ser dolorosos, culposos o fortuitos (Art. 152 CNT).

**Accidentes dolosos.** -Son accidentes dolosos cuando el resultado antijurídico ha sido querido o previsto y ratificado por el agente o cuando es consecuencia necesaria de su acción (Art. 153 CNT)

**Accidentes Culposos.** -Son accidentes culposos cuando el resultado, aunque haya sido previsto, no ha sido querido por el agente y se produce por imprudencia, negligencia o inobservancia de las leyes, reglamentos, órdenes o resoluciones. (Art. 154 CNT).

**Accidentes Fortuitos.** -Son accidentes fortuitos cuando el resultado antijurídico no ha podido preverse y se ha debido a circunstancias causales ajenas a la voluntad del agente (Art. 155 CNT).

#### **b) Clasificación de acuerdo a criterios técnicos**

Los criterios de clasificación normalmente utilizados son:

1. Por sus resultados (mortales, con heridos, con daños materiales).

2. Por el número de vehículos implicados (simples y complejos).
3. Por el modo en que se producen (atropello, colisión, choque, embarrancamiento, vuelco, deslizamiento).
4. Por su situación (urbanos y rurales).

### **2.1.3. Elementos del accidente**

Los factores que desembocan en un accidente surgen dentro de la compleja red de interacciones entre el conductor, el vehículo y la vía, en determinadas condiciones ambientales.

Las causas de los accidentes se deducen en función de los elementos de tránsito que son:

- a) La carretera.
- b) El hombre (Conductor, peatón, pasajero).
- c) El vehículo.
- d) El medio ambiente.

La categoría o valor de cada uno de ellos no es idéntica, ya que la vía se establece para el vehículo y éste para el conductor, todos ellos inmersos en el elemento medio ambiente.

#### **a) La carretera**

Aunque las vías no son el factor más importante en los accidentes de tráfico, es indudable que las mejoras en ellas simplifican la tarea de los conductores y aumentan la seguridad. Respecto a la seguridad vial se deben adoptar medidas adecuadas para la implementación de nuevos proyectos viales, acordes a las necesidades topográficas particularmente en el tramo estudiado, crecimiento vehicular y poblacional; mayor señalización, permanente mantenimiento de las vías, etc.

#### **b) El vehículo**

Haremos mención a dos tipos de seguridad en el vehículo:

- i. **Seguridad activa.** -Aquellos elementos que ejercen su función mientras el vehículo está circulando y pueden ser manejados a voluntad del conductor y cuya función especial es “evitar el accidente”.

- ii. **Seguridad pasiva.** -Estos elementos sólo desarrollan su función en el momento del accidente, contribuyendo a paliar las consecuencias del mismo (disminuyendo los daños materiales y personales).

#### c) **El conductor**

El conductor, es el sujeto principal, es el que domina a la máquina, y en tanto en cuanto ésta es gobernable, la responsabilidad recae sobre el conductor.

Otra cosa bien distinta es cuando el vehículo es ingobernable por causas externas como los derrumbes, riadas, deslizamientos de terrenos, etc. El conductor será responsable si pudo prever el accidente y no lo hizo.

#### **2.1.4. Causas de los accidentes de tránsito**

En definitiva, ¿qué causa un accidente? Los accidentes de tránsito son el resultado o el producto de una conjunción de muchos factores. Los factores de riesgo más importantes se asocian con el llamado factor humano (conductor y peatón 97.56%), y a gran distancia se señalan los debidos al diseño de la carretera 0.0%, al vehículo 2.03% y climatológicos 0.41%. Un dato que concuerda plenamente respecto al conductor, es que éste elemento es la mayor fuente potencial de peligro, y en menor grado las características técnicas o mecánicas del vehículo, las condiciones de la carretera o del ambiente.

En conclusión, a pesar de la importancia de las fallas técnicas en los vehículos (luces, frenos, neumáticos y dirección, lo más frecuentes) y los derivados de los factores atmosféricos (oscuridad, niebla, lluvia, nieve o hielo) y en el estado de las vías públicas, el factor humano es el mayor causante de los accidentes de tránsito.

##### **2.1.4.1. Clasificación de las causas de los accidentes de tránsito**

Las causas se clasifican en: Mediatas e inmediatas.

#### a) **Causas Mediatas**

Son aquellas que en sí mismas no dan lugar al accidente, pero conducen hacia él o coadyuvan a su materialización. Pueden ser:

1. Relativas al vehículo.

2. Relativas a la vía.
3. Relativas a fenómenos atmosféricos.
4. Relativas al conductor o peatón.

**b) Causas Inmediatas**

Son aquellas intervinientes, sin la cual el accidente no hubiera tenido lugar.

Es decir, son aquellas que de forma directa intervienen en el accidente. Son en esencia las mismas causas mediatas, aunque matizadas de manera general por el elemento conductor.

Las causas inmediatas, éstas sí que provocan directamente el siniestro y estadísticamente se ha comprobado que casi siempre son debidas a la velocidad, deficiencias en la percepción, mala maniobra, y otras infracciones a las normas de circulación. Además, al margen de la velocidad, otras muchas infracciones al código nacional de tránsito y su reglamento, pueden dar lugar al accidente.

Entre las más frecuentes citaremos las siguientes:

- i. Realizar adelantamientos de manera antirreglamentaria.
- ii. No respetar las prioridades de paso en cruces señalizados o no.
- iii. No guardar la distancia de seguridad reglamentaria.
- iv. Conducir rebasando el límite de alcoholemia.
- v. No señalar las maniobras.
- vi. Deslumbrar con los faros del vehículo o carecer de alumbrado, etc.

**2.1.4.2. Causas de los accidentes según informe de tránsito**

- Conducir sin luces.
- Estado de embriaguez.
- Exceso de cargar.
- Exceso de velocidad.
- Imprudencia ocasionados por el pasajero.
- Imprudencia ocasionados por el peatón.
- Falla mecánica.
- Imprudencia ocasionados por el conductor.
- No acatar disposiciones de tránsito.
- Omitir señalizaciones.
- Señalización defectuosa.
- Vía en mal estado.

**Conducir sin luces.** - Todos los vehículos que circulan por la carretera están obligados a contar con las siguientes luces a manera de evitar accidentes: Luces de emergencia, luces de estacionamiento, luces exploradoras o antiniebla.

**Estado de embriaguez.** – Estado de alteración transitoria de las condiciones físicas y mentales, causada por intoxicación aguda que no permite una adecuada realización de actividades de riesgo.

**Exceso de carga.** – Esto ocurre cuando se sobre pasa la capacidad de carga del vehículo. El peso máximo de los vehículos que circulen por las vías públicas estará sujeto a las normas que se establezcan por el ministerio de transportes, comunicaciones y aeronáutica civil, alcaldía municipal y policía de tránsito.

**Exceso de velocidad.** – El conductor sobre pasa las velocidades permitidas de circulación, por ejemplo, las siguientes velocidades permitidas por la policía del tránsito:

Artículo 113 (Velocidades máximas en radio urbano) Las velocidades máximas dentro del radio urbano de las ciudades y poblaciones son:

- i. 10 kms/hora en las zonas escolares y militares, considerándose a este efecto como tal la parte de la vía pública comprendida entre los 50 metros antes y después del lugar donde se encuentra ubicado el acceso a dichos establecimientos.
- ii. 20 kms/hora en las calles donde la circulación de peatones y vehículos es intensa.
- iii. 40 kms/hora en las avenidas y vías donde las condiciones de seguridad así lo permitan.
- iv. En las bocacalles, lugares de aglomeración, de personas o vehículos y en general en los sitios donde haya peligro, los conductores están obligados a reducir la velocidad al paso de un peatón o en su caso, a detener el vehículo.

Artículo 114 (Velocidades máximas en caminos y carreteras) Las velocidades máximas en caminos y carreteras situadas fuera de radio urbano de las ciudades y poblaciones son:

- i. En las carreteras asfaltadas 80 kms. por hora.
- ii. En los caminos y carreteras ripiadas o de tierra 70 kms. por hora.

**Falla mecánica.** – Existen desperfectos que escapan a un proceso normal de revisión técnica, como las fallas de freno en general, hay otras que al conductor le surgen imprevistamente, porque no está a su alcance poder detectarlas anticipadamente, como el desgaste por el uso de las partes y piezas.

**Imprudencia ocasionados por el conductor.** – Son accidentes producidos por la negligencia o de la imprudencia, ambas sólo pueden ser relativas al factor humano, que participa en el tránsito con sus aptitudes capacidades y limitaciones.

**Imprudencia ocasionados por el pasajero.** – Se da cuando un pasajero podría ser encontrado culpable si los daños causados por sus acciones formaron parte significativa de un accidente.

**Imprudencia ocasionados por el peatón.** – Cruzar la calzada sin respetar las normas de tránsito o hacerlo de manera intempestiva o temerariamente encontrándose en estado de ebriedad, cruzar la calzada sin utilizar los puentes peatonales o cruces subterráneos, en vías de tránsito rápido y/o de acceso restringido.

**No acatar disposiciones de tránsito.** – Hacer caso omiso de las disposiciones de tránsito como ser: circulación por el lado derecho, prohibición de adelantamiento, precaución, señales de la circulación, maniobra prohibida, preferencia al vehículo de subida, vehículos de emergencia, cruce de vehículos, cruce en intersecciones, encandilamiento, circulación sin luces, reglas para recoger dejar pasajeros, distancia entre vehículos, etc.

**Omitir señalizaciones.** – Hacer caso omiso a las señalizaciones de la carretera como ser: señales preventivas, señales restrictivas o reglamentarias, señales informativas, etc.

**Señalización defectuosa.** – Señalización en mal estado o borrosa por desgaste por el paso del tiempo o por acciones de personas inescrupulosas.

**Vía en mal estado.** – Una carretera en mal estado puede ser causa de percances al volante y de desperfectos en el automóvil. La presencia en la calzada de grietas, baches, socavones, u otro tipo de deformaciones incrementan el riesgo de sufrir un siniestro, por una pérdida de control del vehículo o por inclemencias meteorológicas que incrementen la posibilidad de desprendimientos, acumulación de agua, etc.

### 2.1.4.3. Descripción del echo según informe de tránsito

- Arrollamiento.
- Atrición a peatón.
- Atropello a peatón.
- Atropello a semoviente.
- Caída de motocicleta.
- Choque a objeto fijo.
- Choque a vehículo.
- Choque por apertura de puerta.
- Sumersión.
- Vehículo abandonado.
- Colisión.
- Conducción peligrosa.
- Deslizamiento.
- Embarrancamiento.
- Encunetamiento.
- Golpe a pasajero dentro del vehículo.
- Incendio.
- Ruptura de cable.
- Vuelco de campana.
- Vuelco de tonel.

(BOLIVIA: CÓDIGO DE TRÁNSITO, 16 DE FEBRERO DE 1973)

## 2.2. SEGURIDAD VIAL

- Seguridad Vial: Atributo de la vía que permite garantizar el respeto por la integridad física de sus usuarios y de los bienes materiales aledaños a ella. Se debe tener presente en el diseño, construcción, mantenimiento y operación de una vía.

Seguridad Vial: consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y la salud de las personas, cuando tuviera lugar un hecho no deseado de tránsito. También se refiere a las tecnologías empleadas para dicho fin en cualquier medio de desplazamiento terrestre (ómnibus, camión, automóvil, motocicleta, bicicleta y a pie).

- Otro término es el que define seguridad vial como las reglas y actitudes que son necesarias para estar seguro, si la persona está manejando algún vehículo o caminando en una vía. (Manual de dispositivos de control de tránsito ABC)

La seguridad vial no solo constituye un motivo de preocupación en el ámbito nacional, sino también a nivel mundial, esto motivó a que instituciones y organismos internacionales como la Asamblea General de las Naciones Unidas, de la que Bolivia es



miembro, proclamara el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011 - 2020, partiendo de cinco ejes estratégicos que hoy en día son desarrollados a nivel mundial, a través de acciones y estrategias que derivadas de planes, programas y proyectos posibilitan la prevención, control y atención de los accidentes de tránsito que son una de las principales preocupaciones de salud en todo el mundo.

La seguridad vial tiene como objetivos: mejorar las condiciones de seguridad de las vías terrestres de acuerdo a las características de cada zona o región del país, el comportamiento en la población usuaria, establecer un modelo de sistema de información nacional interinstitucional oportuno y confiable, para la vigilancia, formulación y evaluación de políticas públicas y toma de decisiones en temas de seguridad vial.

### **2.2.1. Seguridad vial en carreteras**

Para medir la seguridad vial en las carreteras, lo primero que se debe analizar son los factores que influyen en la seguridad como son: la geometría de la vía: ancho de la vía, número de carriles, ancho de carril y tipo de carretera. También se debe determinar el tráfico promedio diario

Las medidas de seguridad son la frecuencia, la severidad, y tasas de accidentes entre otros. Con la información obtenida se pueden determinar frecuencias de accidentes, choques, promedio de accidentes por segmento, por intersección, y horas de más alta accidentalidad, es de gran ayuda para determinar las medidas correctivas para mejorar la seguridad vial.

La seguridad vial no es más que la reducción del riesgo de accidentes, fallecidos y lesiones en las carreteras, lograda a través de enfoques multidisciplinarios que abarcan ingeniería vial y gestión del tráfico, educación y formación de los usuarios de las carreteras.

### **2.2.2. Situación actual de la seguridad vial en Bolivia**

Se han detectado los siguientes problemas específicos relativos a la seguridad vial en Bolivia que es necesario encarar a nivel nacional:

#### **1. Inexistencia de Planes de Seguridad Vial de Empresas y de Motocicletas**

No se ha incluido en el plan de seguridad vial aspectos que a nivel mundial son considerados y que tienen un gran impacto en la seguridad vial como ser:

- a) Plan de seguridad vial para motocicletas, problemática que en Bolivia se ha acentuado debido al gran incremento del parque vehicular de motocicletas principalmente debido al bajo costo ofertado por la industria china.
- b) No existe una legislación que regule las especificaciones técnicas mínimas de seguridad de los vehículos que circulan por el país.

**2. No existe una definición de tramo de concentración o punto de concentración de accidentes.**

- a) No se cuenta con parámetros que definan límites (Número y distancia entre accidentes de tráfico) para identificar:
  - Tramos de concentración de accidentes.
  - Puntos de concentración de accidentes.
- b) Tampoco existen parámetros que definan el valor límite de accidentes de tráfico aceptables por la sociedad para justificar una intervención.
- c) Como consecuencia la decisión de realizar intervenciones es subjetiva y debe justificarse con una evaluación costo beneficio, no contándose con valores referentes sobre el costo de la vida humana y los heridos.

**3. No existe un diagnóstico ni valores de referencia en Bolivia para la valoración del costo de los accidentes de tráfico.**

La administradora boliviana de carreteras y las administraciones locales carecen de estudios o valores de referencia sobre los siguientes aspectos:

- a) Las evaluaciones no cuentan con valores monetarios de los accidentes y de las víctimas, respaldados en un estudio para justificar la implementación de medidas de seguridad vial, mejoramiento de la vía y otros.
- b) No se cuenta con una estimación de la pérdida económica debido a los accidentes de tráfico en Bolivia.

**4. Problemática del Sistema de Información Vial**

- a) No existe un formulario único de accidentes en Bolivia, actualmente la administradora boliviana de carreteras utiliza un formulario que, de manera similar al formulario de la policía boliviana, ha evolucionado en el tiempo.
- b) No se cuenta con un manual para el llenado de reportes de accidentes tanto en la policía como por parte de la ABC, por lo cual la información introducida es muy subjetiva.
- c) No existe un seguimiento de las víctimas, no hallándose establecido el tiempo después del accidente en el cual se considera una muerte como resultado de un accidente de tráfico.
- d) Existe una infra notificación ya que ocurren muchos accidentes que no son reportados, especialmente aquellos con solamente daños materiales.

#### **5. Escasos recursos para dar respuesta a las víctimas de un accidente de tránsito terrestre.**

- a) Bolivia cuenta con muchas necesidades y limitados recursos, en el caso de planes de respuesta inmediata ante los accidentes de tráfico.
- b) La limitada infraestructura médica con hospitales de tercer nivel (capaces de responder a emergencias médicas con todas las especialidades), solamente en las principales ciudades de Bolivia, condiciona el tiempo de respuesta. Lo más importante es destinar recursos para seguridad vial.

#### **6. Escasos recursos económicos, físicos y técnicos**

Existen limitaciones en todas las entidades involucradas en el plan nacional de seguridad vial, siendo la principal la económica. Asimismo, la administradora boliviana de carreteras no cuenta con un presupuesto específico para seguridad vial, debiendo incluir estas actividades en los recursos comprometidos para el diseño, construcción, y/o mantenimiento de la red vial fundamental del país. (ANÁLISIS Y EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA SEGURIDAD VIAL EN BOLIVIA, Instituto del Transporte y Vías de Comunicación, Memorias 2016)

### **2.3. VELOCIDADES DE TRÁFICO**

#### **2.3.1. Definición**

Es la relación que existe entre una distancia que se recorre y el tiempo en que se tarda en recorrer. Existen diferentes tipos de velocidad entre los cuales las más importantes son:

- a) Velocidad de punto
- b) Velocidad de recorrido total
- c) Velocidad de crucero
- d) Velocidad directriz.

**a) Velocidad de punto**

Es aquella que se obtiene en una sección de carretera o calle cuyo intervalo de intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 50,75 y 100 mts.

Las características principales de este tipo de velocidad es que las distancias definidas se toman al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras.

La velocidad de punto nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o] en todo el trazo urbano.

**2.3.1.1. Método de medición**

Para medir la velocidad de punto se pueden utilizar varios métodos en los que se tiene:

- i. Método del cronómetro.
- ii. Método del enoscopio.
- iii. Método del radar métrico.

**i. El método del cronometro**

Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, una a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronometro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Es factible

utilizando distancias mínimas para que pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

## **ii. El método del enoscopio**

Se utiliza además del cronómetro un aparato simple denominado enoscopio que es una caja de lados iguales en uno de sus vértices tiene un espejo ubicado a  $45^\circ$  de tal forma que la visual de entrada se refleja en forma ortogonal a  $90^\circ$  la forma de medición utilizando el enoscopio en el momento en que el vehículo cruza la línea de entrada para accionar el cronómetro y medir el tiempo hasta que el vehículo cruza la línea de salida. Este más utilizado mediciones nocturnas.

## **iii. El método del radar métrico**

Es el método menos utilizado, pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar u puedan ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así las velocidades de punto. Estas velocidades de tráfico deben ser llevadas a cabo en 3 horarios diferentes de cada día, en horas pico.

## **b) Velocidad directriz o de proyecto**

Ninguna de las anteriores velocidades es considerada para el diseño geométrico de la carretera o calles estableciéndose otra definición que la velocidad de proyecto o directriz considera, así como la velocidad de un 80% o más del conjunto de vehículos circula a dicha velocidad.

Se establecen velocidades directrices o de proyecto haciendo un equilibrio entre el tipo de carretera a diseñar, el costo de la construcción y el costo de operación de los vehículos.

En las zonas urbanas es mucho más complejo la definición de velocidad directriz porque intervienen otros factores como ser: Flujo peatonal, zonas residenciales, zonas comerciales, zonas escolares, mayor tipo de maniobras, detenciones de vehículos más continuos, etc. Estos factores influyen en la velocidad de circulación por ese hecho la

recomendación es que se adopte velocidades directrices o del proyecto en función de la velocidad de circulación media. (ESTUDIO DE VELOCIDADES, Marta Gonzales Garrido, marzo de 1999.)

### **2.3.2. Velocidades máximas (según código de tránsito)**

#### **2.3.2.1. Velocidades máximas en radio urbano**

Las velocidades máximas dentro del radio urbano de las ciudades y poblaciones son:

- a) 10 km/hora en las zonas escolares y militares.
- b) 20 km/hora en calles donde la circulación de peatones y vehículos es intensa.
- c) 40 km/hora en avenidas y vías donde las condiciones de seguridad lo permitan.

#### **2.3.2.2. Velocidades máximas en caminos y carreteras**

Las velocidades máximas en los caminos y carreteras situadas fuera del radio urbano de las ciudades y poblaciones son:

- a) En las carreteras asfaltadas 80 km por hora.
- b) En los caminos y carreteras ripiadas o de tierra 70 km por hora.

## **2.4. ELEMENTOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICOS DE LA CARRETERA**

### **2.4.1. Carretera**

Se define como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que reúne las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente que permita la circulación de vehículos.

#### **2.4.1.1 Clasificación de las Carreteras**

Las carreteras en nuestro país se clasifican de forma distinta a otros países del mundo.

##### **2.4.1.1.1 Clasificación por su transitabilidad**

Esta clasificación corresponde a las etapas de su construcción y se divide en:

- **Carreteras de Tierra:** cuando se ha construido la sección de una carretera con el material natural de la región.

- **Carreteras Rapiadas:** cuando a la sub rasante de una carretera se la ha revestido de una o varias capas de material mejorado o granular.
- **Carreteras Pavimentadas:** cuando en la superficie se ha construido un paquete estructural conformado de varias capas de materiales granulares y sobre estas se ha extendido una capa de pavimento ya sea flexible o rígido.

#### 2.4.1.1.2. Clasificación Administrativa

Según Decreto Supremo 25134 de 1998 se define a la administración de las redes viales del país, definiendo tres niveles dentro del sistema:

- **Red Fundamental:** está conformada por carreteras que vinculan capitales de departamentos y carreteras que vinculan al país con el exterior, esta red es administrada por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).
- **Red Departamental:** está conformada por carreteras que se desmiembran de la red fundamental y vinculan ciudades y poblaciones de departamento siendo administradas por los gobiernos departamentales.
- **Red Municipal:** está conformada por carreteras que se desmiembran de la red complementaria vinculando poblaciones de provincias y están administradas por los gobiernos municipales.

#### 2.4.1.1.3. Clasificación Técnica

Esta clasificación permite distinguir la categoría física de la carretera, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito y las características geométricas de la carretera. La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

- Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias.
- Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo.

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría. Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo extorno presenta limitaciones para el trazado. El alcance general de dicha terminología es:

**Terreno Llano:** Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas.

El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre  $\pm 3\%$ .

**Terreno Ondulado:** Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que, si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre 3 al 6%, según la categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura, lo que justificará un uso más frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno se podrá tener un ondulado medio o uno franco o fuerte.

**Terreno Montañoso:** Está constituido por cordones montañosos o “Cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la categoría del camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (Laderas de fuerte inclinación transversal, quebradas profundas, etc.) y también por el desnivel a salvar, que en oportunidades puede obligar al uso de curvas de retorno. El elemento de características mínimas será frecuente y obligado.

### **Autopista (O)**

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. Normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados. Las velocidades de proyecto, según el tipo de emplazamiento son:



- Terreno llano a ondulado Medio 120 km/h
- Terreno ondulado fuerte 100 km/h
- Terreno montañoso 80 km/h

### **Autorrutas (I.A)**

Son carreteras nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original, normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Fuerte 100 y 90 km/h
- Terreno Montañoso 80 km/h

### **Carreteras primarias (I.B)**

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas pobladas.

Las velocidades de proyecto consideradas son las mismas que para las autorrutas, de modo que en el futuro mediante un cambio puedan adquirir las características de Autorruta:

Cuadro N° 3 Velocidades de diseño para carreteras primarias

	<b>Terreno llano y ondulado fuerte</b>	<b>Terreno montañoso</b>
Calzadas Unidireccionales	100-90 km/h	80km/h
Calzadas Bidireccionales	100-90 km/h	80km/h

Fuente: Manual de diseño geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras.

### **Caminos colectores (II)**

Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar. Circulan por ellos toda clase de vehículos motorizados.

En zonas pobladas se deberán habilitar carriles auxiliares destinados a la construcción de ciclovías.

Su sección transversal normalmente, es de dos carriles bidireccionales, pudiendo llegar a tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno llano a ondulado Medio 80 km/h
- Terreno ondulado Fuerte 70 km/h
- Terreno montañoso 60 km/h

### **Caminos locales (III)**

Son caminos que se conectan a los caminos colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las ciclovías.

La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales de las dimensiones especificadas en la Sección 1.3 y las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno llano a ondulado Medio 70 km/h
- Terreno ondulado Fuerte 60 km/h
- Terreno montañoso 50 y 40 km/h

### **Caminos de desarrollo**

Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar tránsito permanente aun cuando las velocidades sean reducidas, de hecho, las velocidades de proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos.

Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 50 y 40 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte a Montañoso 30 km/h

#### **2.4.2. Capacidad de una carretera o camino**

Se define como la intensidad máxima de vehículos que pueden pasar por una sección de un camino, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino.

Normalmente se expresa como un volumen horario, cuyo valor no se puede sobrepasar a no ser que las condiciones prevalecientes cambien.

Como valores de referencia máximos absolutos se cita a continuación la "Capacidad en Condiciones Ideales", que corresponde a caminos para tránsito bidireccional o unidireccional, expresada en términos de Intensidad:

- **Camino Bidireccional de dos Carriles:** 2.800 Veh. Livianos/hora (Total Ambos Carriles)
- **Camino Unidireccional con al menos dos Carriles** para tránsito en el mismo sentido: 2.200 Veh. Livianos/hora (Por carril)

La unidireccionalidad del tránsito, que evita tener que compartir los carriles para efectos de adelantamientos, tiene una importancia capital en la capacidad de una carretera. Las cifras mencionadas representan valores medios determinados mediante procesos de medición directa y son actualmente aceptadas como válidos internacionalmente.

#### **2.4.2.1. Niveles de servicio en caminos bidireccionales**

Las principales características de operación que se dan en el camino bidireccional bajo condiciones ideales, son:

- Nivel A:** Representa la condición de flujo libre que se da con bajos volúmenes de demanda, permitiendo altas velocidades a elección del conductor. Debe ser posible que todo usuario que lo desee pueda desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 93 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,15 (420 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 30%.
- Nivel B:** Representa la condición de flujo estable. Los conductores aún pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable. Todo usuario que lo desee podrá desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 88 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,27 (750 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 45%.

- c) **Nivel C:** Representa aun la condición de flujo estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad están íntimamente controladas por los altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores no puede seleccionar su propia velocidad. La velocidad de operación debe ser igual o mayor que 83 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,43 (1200 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 60%.
- d) **Nivel D:** Representa el principio del flujo inestable, con volúmenes del orden, aunque algo menores, que los correspondientes a la capacidad del camino. Las restricciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones de la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar, poca comodidad en el manejo, pero estas condiciones pueden tolerarse por cortos períodos de tiempo. La velocidad de operación fluctúa alrededor de 80 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,64 (1.800 Veh/h) y el tiempo demorado no supera el 75%.
- e) **Nivel E:** Representa la capacidad del camino o carretera y por lo tanto el volumen máximo absoluto que puede alcanzarse en la vía en estudio. El flujo es inestable, con velocidades de operación de orden de 72 km/h. El Nivel E representa una situación de equilibrio límite y no un rango de velocidades y volúmenes como en los niveles superiores. La razón I/C alcanza de valor 1,0 (2.800 Veh/h) y el tiempo demorado fluctúa entre 75 y 100%.
- f) **Nivel F:** Describe el flujo forzado a bajas velocidades con volúmenes menores que la capacidad de la carretera. Estas condiciones se dan generalmente por la formación de largas filas de vehículos debido a alguna restricción en el camino. Las velocidades de operación son menores de 72 km/h. (MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO ABC, 2007, MANUAL DE CARRETERAS VOLUMEN I)

## 2.5. ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica y otros), que se encuentran dentro del derecho de vía del proyecto.

### 2.5.1. La plataforma

### **2.5.1.1. Definición**

Se llama “plataforma” a la superficie visible de una vía formada por su(s), calzada(s), sus bermas, los sobreeanchos de plataforma (SAP) y su cantero central, en caso de existir esta última como parte de la sección transversal tipo. El ancho de la plataforma será entonces la suma de los anchos de sus elementos constitutivos.

La altimetría de la plataforma está dada por el perfil longitudinal de la rasante y por la inclinación transversal de sus elementos.

La plataforma puede contener algunos elementos auxiliares, tales como barreras de seguridad, soleras, iluminación o señalización.

En Caminos Locales y de Desarrollo los anchos de carriles y bermas se seleccionarán considerando los volúmenes de demanda, esperados y la dificultad topográfica del emplazamiento. El uso de los anchos mínimos deberá contar con la autorización expresa de la Administradora Boliviana de Carreteras.

## **2.5.2. La(S) calzada(S)**

### **2.5.2.1. Definición**

Es una banda material y geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos. Está formada por dos o más carriles. Un carril será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido.

En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos carriles, cada uno de ellos podrá ser utilizado ocasionalmente por vehículos que marchan en el sentido opuesto, en el momento en que éstos adelanten a otros más lentos.

### **2.5.2.2. Anchos de calzada y plataforma**

En los casos de caminos locales y de desarrollo con velocidades de proyecto menores o iguales que 60 km/h, en los que la administradora boliviana de carreteras podrá autorizar

ancho de carriles de menos de 3,5 m, para todas las demás categorías y velocidades de proyecto el ancho mínimo de carriles será de 3,5 m.

### **2.5.3. Las bermas**

#### **2.5.3.1. Definición**

Las bermas son las franjas que flanquean el pavimento de la(s) calzadas(s). Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

Si la carretera tiene una sola calzada, las bermas deben tener anchos iguales. En caso de tratarse de una carretera unidireccional con calzadas separadas, existirán bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior.

Las bermas cumplen cuatro funciones básicas: proporcionan protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permiten detenciones ocasionales; aseguran una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía, y ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia, aumentando la seguridad.

Para que estas funciones se cumplan en la práctica, las bermas deben ser de un ancho constante, estar libres de obstáculos y estar compactadas homogéneamente en toda su sección. Para lograr dichos objetivos se consultan los sobrecanchos de la plataforma “SAP”, que confinan la estructura de las bermas y en los que se instalarán las barreras de seguridad y la señalización vertical.

#### **2.5.3.2. Anchos de bermas**

A medida que la velocidad y los volúmenes de diseño crecen, también deberán hacerlo las bermas exteriores, hasta contemplar un ancho máximo de 2,5 m, que permite la detención en caso de emergencia de los vehículos sin afectar el tránsito de paso.

Los anchos normales de las bermas se dan en la Tabla N°4 asociados a la Categoría de la ruta y Vp correspondiente, pudiendo usarse el valor inferior del rango para tránsitos muy

moderados en terreno de topografía restrictiva, decisión que deberá adoptarse previa autorización de la Administradora Boliviana de Carreteras.

### **2.5.3.3. Pendiente transversal de las bermas**

En caminos y carreteras con calzada pavimentada, ya sea con hormigón, asfalto o tratamiento superficial, las bermas tendrán la misma pendiente transversal que la calzada, ya sea que ésta se desarrolle en recta o en curva.

### **2.5.4. Sobreanchos de la plataforma (SAP)**

#### **2.5.4.1. Anchos del SAP**

Si la plataforma en terraplén consulta la instalación de barreras de seguridad, salvo que se trate de caminos locales o de desarrollo con  $V_p \leq 50$  km/h, el ancho mínimo del SAP será de 0,8 m, con el objeto de anclar el poste a 0,2 m del extremo exterior del SAP y no invadir la berma con la barrera. En Carreteras con  $VP \geq 90$  km/h el SAP será mayor que el mínimo para aumentar el espacio disponible para la señalización vertical, ya que el tamaño de las señales aumenta con la Velocidad de Proyecto.

#### **2.5.5. Peralte**

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f \quad (4)$$

Dónde:

p= Peralte máximo asociado a V

V= Velocidad de diseño (km/h)

R= Radio mínimo absoluto (m)

F= Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Tanto el peralte como la fricción transversal son determinadas por las recomendaciones del MDG ABC-2008, dado en el siguiente cuadro N°4:

Cuadro N° 4 Valores Máximos para el Peralte

	<b>emáx</b>
Caminos: Vp 30 a 80 km/h	7%
Carreteras: Vp 80 a 120 km/h	8%

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras.

(MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO ABC, 2007, MANUAL DE CARRETERAS VOLUMEN I)

## **2.6. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL**

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua.

### **2.6.1. Criterios básicos para el diseño de carreteras**

El buen diseño no resulta de una aplicación mecánica de los límites normativos, que en general representan valores mínimos. Por el contrario, el diseño requiere buen juicio y flexibilidad por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y elevación, sin transgredir los límites normativos, para satisfacer al máximo los objetivos de funcionalidad, seguridad, comodidad, integración en su entorno, estética, economía y elasticidad, de la vía.

- Los criterios a aplicar en los distintos casos se establecen mediante límites normativos y recomendaciones que el proyectista deberá respetar y en lo posible, dentro de límites económicos razonables, superar, para lograr un trazado que satisfaga las necesidades del tránsito y brinde la seguridad y calidad de servicio, que se pretende obtener de la carretera o camino, según sea la categoría asignada.
- El buen diseño no resulta de una aplicación mecánica de los límites normativos, que en general representan valores mínimos. Por el contrario, el diseño requiere buen juicio y flexibilidad por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y elevación, sin transgredir los límites normativos.



- El trazado debe ser homogéneo, es decir, sectores de éste que inducen velocidades superiores a las de proyecto, no deben ser seguidos de otros en los que las características geométricas se reducen bruscamente a los mínimos correspondientes a dicha  $V_p$ .
- Las transiciones de una a otra situación, si ellas existen, deberán darse en longitudes suficientes como para ir reduciendo las características del trazado a lo largo de varios elementos, hasta llegar a los mínimos absolutos requeridos en un sector dado.
- Una ruta puede requerir tramos con distintas  $V_p$ , cuando la topografía o el uso de la tierra cambia significativamente y dicha situación se mantiene por más de 3 ó 4 km, casos en que se diseñarán cuidadosamente las transiciones y la señalización correspondiente.
- En general, las Tablas normativas que resumen los valores mínimos absolutos para los diversos elementos se darán para el rango de Velocidades de Proyecto comprendido entre 30 y 120 km/h, variando cada 10 km/h.
- En algunas de las Tablas detalladas que figuran en el texto, se incluyen valores variando cada 5 km/h y hasta 130 km/h, que se requieren en relación con las Velocidades Percentil 85 ( $V_{85\%}$ ) y Velocidad Específica ( $V_e$ ).
- En Caminos de Desarrollo con Velocidades de Proyecto menores o iguales que 40 km/h, sólo se indicarán valores normativos correspondientes a las variables principales, dando mayor libertad en el empleo de los valores asociados a las restricciones complementarias que dicen relación con la comodidad y percepción estética de la ruta

### **2.6.1.2. Criterios para establecer el trazado en planta**

#### **2.6.1.2.1. Elementos del trazado en planta**

La planta de una carretera preferentemente deberá componerse de una sucesión de elementos curvos que cumplan las relaciones que se fijan más adelante y de aquellos tramos en recta que sean indispensables.

##### **2.6.1.2.1.1. Elementos curvos**

Los elementos curvos comprenden:

- Curvas circulares.
- La parte central circular y dos arcos de enlace.
- Otras combinaciones de arco circular y arco de enlace.

### Longitudes máximas en recta:

Se procurará evitarán longitudes en recta superiores a:

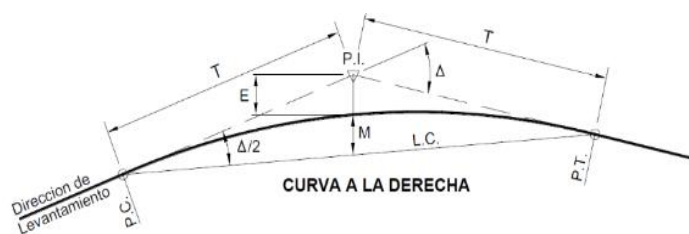
- $L_r (m) = 20 V_p (km/h)$ .
- $L_r =$  Largo en m de la alineación recta.
- $V_p =$  Velocidad de proyecto de la carretera.

En caminos bidireccionales de dos carriles, a diferencia de lo que ocurre en carreteras unidireccionales, la necesidad de proveer secciones con visibilidad para adelantar justifica una mayor utilización de rectas importantes. Sin embargo, rectas de longitud comprendida entre  $8V_p$  y  $10V_p$ , enlazadas por curvas cuya  $V_e$  sea mayor o igual que la  $V_{85}$  determinada según la Tabla 2.1-2, cubren adecuadamente esta necesidad.

#### 2.6.1.2.1.1.1. Elementos de la curva circular

La Figura N°2 ilustran los diversos elementos de una curva circular. La simbología normalizada que se define a continuación deberá ser respetada por el proyectista.

Figura N° 2. Simbología de la curva circular



P.C. = Punto de Inicio de la Curva	
P.I. = Punto de Intersección	
P.T. = Punto de Tangencia	
E = Distancia a Externa (m.)	$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$
M = Distancia de la Ordenada Media (m.)	$L.C. = 2 R \sin \frac{\Delta}{2}$
R = Longitud del Radio de la Curva (m.)	$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$
T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m.)	$M = R[1 - \cos(\Delta/2)]$
L = Longitud de la Curva (m.)	$E = R[\sec(\Delta/2) - 1]$
L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)	
$\Delta$ = Angulo de Deflexión	

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014).

Las medidas angulares se expresan en grados centesimales (g).

### 2.6.1.3.1.1.2. Radios mínimos absolutos

Los radios mínimos para cada velocidad de proyecto, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están dados por la expresión:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})} \quad (5)$$

Dónde:

R<sub>mín</sub>=Radio mínimo (m)

V=Velocidad de diseño (km/h)

P<sub>máx</sub>=Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno) (m/m)

F<sub>máx</sub>=Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

Cuadro N° 5 Valores máximos para el peralte y la fricción transversal

	<b>emáx</b>	<b>f</b>
Caminos: Vp 30 a 80 km/h	7%	0,265-V/602,4
Carreteras: Vp 80 a 120 km/h	8%	0,193-V/1134

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Cuadro N° 6 Radios mínimos absolutos en curvas horizontales

<b>Caminos colectores – locales - desarrollo</b>			
<b>Vp</b>	<b>emáx</b>	<b>f</b>	<b>Rmín</b>
<b>km/h</b>	<b>(%)</b>		<b>(m)</b>
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
<b>Carreteras – Autopistas Autorrutas - Primarios</b>			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras.

## 2.6.2. Trazado en alineamiento vertical

Las cotas del eje en planta de una carretera o camino, al nivel de la superficie del pavimento o capa de rodadura, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento vertical, la representación gráfica de esta rasante recibe el nombre de perfil longitudinal del proyecto, las cotas refieren en lo posible al nivel medio del mar.

La rasante determina las características en el alineamiento vertical de la carretera y está constituida por sectores que presentan pendientes de diversa magnitud o sentido, enlazadas por curvas verticales que serán parábolas de segundo grado. El trazado en el alineamiento vertical está controlado principalmente por la:

- Categoría del Camino.
- Topografía del Área.
- Trazado en Horizontal y Velocidad  $V^*$  correspondiente.
- Distancias de Visibilidad.
- Drenaje.
- Valores Estéticos y Ambientales.
- Costos de Construcción.

### 2.6.2.1. Inclinación de las rasantes

#### 2.6.2.1.1. Pendientes máximas

Cuadro N° 7 Pendientes Máximas Admisibles %

Categoría	Velocidad de proyecto (km/h)									
	≤30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	-(1)	-
Local	-	9	9	8	8	-			-	-
Colector	-	-	-	8	8	8			-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

(1) 110km/h no está considerada dentro del rango de  $V_p$  asociadas a las categorías.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras.

En camino de alta montaña, cuando se superan los 2.500 m.s.n.m., la pendiente máxima deberá limitarse según el siguiente cuadro N°8.

Cuadro N° 8 Camino de alta montaña pendientes máximas % según alturas s.n.m.

Altura m.s.n.m.	Velocidad de proyecto (km/h)					
	30	40	50	60	70	80(1)
2.500-3.000 m	9	8	8	7	7	7/5(1)
3.100-3.500 m	8	7	7	6.5	6.5	6/5
Sobre 3.500 m	7	7	7	6	6	5/4.5

(1) Valor máx. Caminos/Valor máx. Carreteras

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras.

(MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO ABC, 2007, MANUAL DE CARRETERAS VOLUMEN I).

## 2.7. DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos. A través de la señalización se indica a conductores y peatones la forma correcta y segura de transitar por la vía, evitando riesgos y demoras innecesarias.

### 2.7.1. Señalización vertical

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

- Señales preventivas.
- Señales reglamentarias.
- Señales informativas.

Las señales transitorias corresponden a un subconjunto de señales preventivas e informativas.

#### **2.7.1.1. Señales preventivas**

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

Estas señales persiguen que los conductores tomen las precauciones del caso, ya sea reduciendo la velocidad o realizando las maniobras necesarias para su propia seguridad, la del resto de los vehículos y la de los peatones.

##### **Forma**

En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, con la excepción las placas de refuerzo.

La Figura N°3 presenta las formas básicas que caracterizan a este tipo de señales.

##### **Color**

Su color de fondo es amarillo. Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro.

##### **Ubicación**

Deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere.

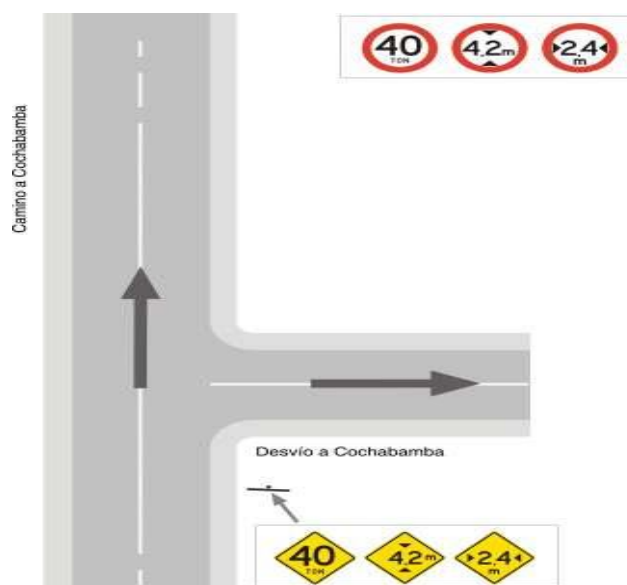
Este tiempo puede variar de acuerdo a las señales de advertencia más sencilla, curva pronunciada o pendiente fuerte de bajada y señales de advertencia de situaciones complejas como cruces y bifurcaciones, estos tiempos de percepción de la señal pueden variar de la siguiente manera:

De 3 segundos, como en el caso de las señales de advertencia más sencillas.

Curva pronunciada derecha (SP 4) o pendiente fuerte de bajada (SP 16), hasta 10 segundos.

Señales de advertencia de situaciones complejas como cruces o bifurcaciones (SP 18 a SP 30).

Figura N° 3 Ubicación señales preventivas de restricción



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 2.7.1.2. Señales reglamentarias

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito. Estas señales se identifican con el código SR.

#### Forma

Su forma es circular y sólo se aceptará inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Se exceptúan de esta condición geométrica las señales:

- SR - 01 PARE, cuya forma es octagonal.
- SR - 02 CEDA EL PASO, cuya forma es un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo.

- SR-38 y SR-39: Sentido único de circulación y sentido de circulación doble, serán de forma rectangular.

Su color de fondo es blanco, aunque excepcionalmente puede ser rojo o azul. La orla será de color rojo, con excepción de la señal SR-37 FIN RESTRICCIÓN. Cuando las señales sean rectangulares, la orla exterior será de color negro. Finalmente, los símbolos y leyendas serán de color negro o blanco y ocasionalmente gris.

Su forma es circular, a excepción de las señales:

- SR-01 PARE
- SR-02 CEDA EL PASO
- SR-38 y SR-39 TRÁNSITO EN UN SENTIDO y TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS, serán de forma rectangular.

### **Ubicación**

Las señales reglamentarias deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación. Por otro lado, se deberá ubicar una señal adicional al lado izquierdo de la vía, en toda condición cuando se trate de señales del tipo NO ADELANTAR (SR-26), y en el caso de VELOCIDAD MAXIMA (SR-30), donde la presencia de camiones y buses cuenten con un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) mayor o igual al 20% del total.

#### **2.7.1.3. Señales informativas**

Las señales informativas, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc. En particular se utilizan para informar sobre:

- a) Enlaces o empalmes con otras vías.
- b) Pistas apropiadas para cada destino.
- c) Direcciones hacia destinos, calles o rutas.
- d) Inicio de la salida a otras vías.
- e) Distancias a que se encuentran los destinos.



- f) Nombres de rutas y calles.
- g) Servicios y lugares de atractivo turístico existentes en las inmediaciones de la vía.
- h) Nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

### Forma

En general, las señales informativas tendrán forma rectangular o cuadrada. Las excepciones a lo anterior, corresponden a las señales tipo flecha y algunas de identificación vial, por mencionar algunas tenemos el ESCUDO VIA PANAM (IV-1) y ESCUDO DE IDENTIFICACIÓN DE RED FUNDAMENTAL (IV-2).

En señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y las para vías convencionales, verde.

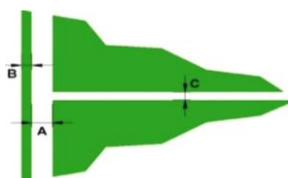
El ancho de la orla de la señal debe corresponder al especificado en el cuadro N°9.

Cuadro N° 9 Ancho de orla

Dimensiones de la señal	Ancho orla (A)	Distancia borde exterior de la orla y borde de la señal (B)	Línea divisoria (C)
Hasta 1m x 1m	2,0 cm	1 cm.	1.0
Hasta 2m x 3m	2,5 cm	1 cm.	1.3
más 2m x 3m	3,0 cm	1 cm.	1.5

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

Figura N° 4. Ancho de orla



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### Color

En señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco.

El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y las para vías convencionales, verde.

Todos los elementos de las señales informativas, tales como; fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas de una señal vertical, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con un nivel de retrorreflexión mínimo.

### **Ubicación**

La ubicación longitudinal de las señales informativas quedará determinada por su función, según se especifica para cada señal en esta sección. En todo caso, para efectos de su instalación, el lugar podrá ser ajustado hasta en un 20%, dependiendo de las condiciones del sector y de factores tales como geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, composición de éste y otros.

Cuando la señal se instala sobre la calzada o sobre la berma (en pórticos o banderas), su borde inferior debe distar a lo menos 5,5 metros del punto más alto de la calzada o berma. Esto asegura el flujo expedito de vehículos altos.

### **Mensaje**

El mensaje no siempre se entrega a través de una sola señal, sino que en una secuencia de señales diseñadas y emplazadas para funcionar en conjunto. Dependiendo de las características y jerarquía de la vía.

En el caso de autopistas o autovías cada una de las señales informativas forma parte de un sistema, en el que la señal de preseñalización alerta sobre la proximidad de una salida y sus destinos; la de dirección indica el tipo de maniobra que es necesario realizar; la de salida inmediata indica el lugar y ángulo de salida; la de confirmación corrobora los destinos e indica distancias a éstos; la de identificación vial individualiza la vía y la de localización confirma los destinos y lugares por los que ésta pasa.

### **Flechas**

Las flechas se usan para asociar pistas a determinados destinos y para indicar, antes y en una salida, la dirección y sentido a seguir para llegar a ellos. En el primer caso, usado en señales aéreas (pórticos, bandera y otros) cada flecha debe apuntar directamente al centro de la pista asociada al destino indicado en la leyenda que está sobre ella; y en el segundo,

la flecha debe ser oblicua ascendente u horizontal, representando adecuadamente el ángulo de la salida.

#### **2.7.1.3.1. Clasificación de las señales informativas**

Las señales informativas, de acuerdo a su función, se clasifican en:

##### **Señales que Guían al Usuario a su Destino**

- De preseñalización (IP)
- De dirección (ID)
- De confirmación (IC)
- De identificación vial (IV)
- De localización (IL)

##### **Señales con Otra Información de Interés**

- De servicio (IS)
- De atractivo turístico (IT)
- Señales ambientales (IA)
- Otras señales para autopistas y autovías (IAA)
- Otras (IO)
- Informativas de Control (ICO)
- Tamaño Especial (IT(E) - IS (E))

#### **2.7.1.3.2. Diagramas y criterios de uso**

En estas señales, las leyendas se escriben con letras MAYÚSCULAS cuando la altura mínima requerida para las letras es menor o igual a 15 cm. Si es superior, se usarán minúsculas, debiendo comenzar cada palabra con una mayúscula cuya altura debe ser un 30% mayor que la de las minúsculas. En función de la velocidad máxima se han determinado las alturas mínimas de letra que detalla la Tabla N°12.

En cada caso se entregan dos valores, el primero de ellos aplicable a mensajes simples, cuya leyenda no supere 2 líneas, y el segundo, a mensajes de mayor complejidad, con leyendas de hasta tres líneas o tipo “mapa”.

Cuadro N° 10 Altura mínima de letras para distintas velocidades máximas

Velocidad máxima (km/h)	Altura mínima de Letra (cm)	
	Leyendas simples	Leyendas complejas
Menor o igual a 40	7,5	12,5
50	12,5	17,5
60 o 70	15,0	22,5
80 o 90	20,0	30,0
Mayor a 90	25,0	35,0

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

Los tamaños mínimos de letra pueden aumentar, mediante factores que lo justifican. Las señales tipo “mapa”, éstas se deben diseñar de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) La señal debe representar en planta, y de una forma sencilla, la relación entre la vía en que se emplaza y sus salidas.
- b) Cada punta de flecha debe indicar idealmente sólo un destino, máximo dos.
- c) El astil de la flecha que indica la salida debe ser más corto que el que indica el movimiento que continúa por la vía en que se emplaza. Sin embargo, las dos flechas deben estar unidas.
- d) El ancho de los astiles de las flechas debe guardar relación con el de las vías que representan.

Los nombres o escudos de vías deben ser ubicados de tal manera que se relacionen inmediatamente con la cabeza de flecha a la que corresponden, ver Figura N° 5.

Figura N° 5 Ejemplo señal tipo mapa



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 2.7.2. Diseño de las señales verticales

Toda señal vertical debe transmitir un mensaje nítido al usuario de la vía, lo que se logra a través de símbolos y/o leyendas, estas últimas se componen de palabras y/o números.

En el caso de señales reglamentarias y de advertencia de peligro, las leyendas inscritas en ellas deberán corresponder siempre a letras mayúsculas.

En cambio, cuando se trate de señales informativas, sólo se considerará la combinación mayúscula - minúscula.

Todas las señales deben permanecer en su posición correcta, limpia y legible en todo tiempo; se deben reemplazar aquéllas que por la actuación de agentes externos que las deterioren, no cumplan el objetivo para el cual fueron diseñadas e instaladas.

#### **2.7.2.1. Emplazamiento de las señales verticales**

Toda señalización de tránsito deberá instalarse dentro del cono visual del usuario de la vía, de manera que atraiga su atención y facilite su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de los conductores.

Los postes y otros elementos estructurales de las señales de tránsito, pueden representar un peligro para los usuarios en caso de ser impactadas.

Por lo tanto, deben instalarse alejadas de la calzada y construirse de tal forma, que opongan la menor resistencia en caso de accidentes.

En general, se deberán analizar las siguientes condiciones para la correcta instalación de una señal vertical:

- Distancia entre la señal y la situación que generó su instalación (ubicación longitudinal).
- Distancia entre la señal y el borde de la calzada (ubicación transversal).
- Altura de ubicación de la placa de la señal.
- Orientación de la placa de la señal.
- Distancia mínima entre señales.

#### **2.7.2.2. Ubicación longitudinal de las señales verticales**

La ubicación de una señal debe garantizar que un usuario que se desplaza a la velocidad máxima que permite la vía, será capaz de interpretar y comprender el mensaje que se le

está transmitiendo, con el tiempo suficiente para efectuar las acciones que se requieran para una eficiente y segura operación.

En general, una señal deberá cumplir los siguientes objetivos:

- Indicar el inicio o término de una restricción o autorización. En estos casos, la señal se instalará en el lugar específico donde ocurre la situación señalizada.
- Advertir o informar sobre condiciones de la vía o respecto a acciones que se deben o se pueden realizar más adelante.
- Informar con respecto a orientación geográfica y características socio-culturales que pudieran encontrarse aledañas o cercanas a la vía. Entre estas últimas, se pueden mencionar señales con información turística, cultural, de servicios, etc.

La separación que debe respetarse entre cada tipo de señal, en el sentido longitudinal, es decir, paralelo al eje de la vía.

El cuadro N°13 entrega distancias mínimas de separación entre diferentes tipos de señales, con la finalidad que el conductor del vehículo cuente con el tiempo suficiente para efectuar las maniobras adecuadas.

Cuadro N° 11 Distancia mínima (m) entre señales verticales

Orden en que el conductor vera las señales	Velocidad (km/h)			
	120-110	100-90	80-60	50-30
Reglamentaria o Advertencia →Reglamentaria o advertencia	50	50	50	20
Reglamentaria o Advertencia → Informativa	90	80	60	40
Informativa → Reglamentaria o Advertencia	60	50	40	30
Informativa → Informativa	110	90	70	50

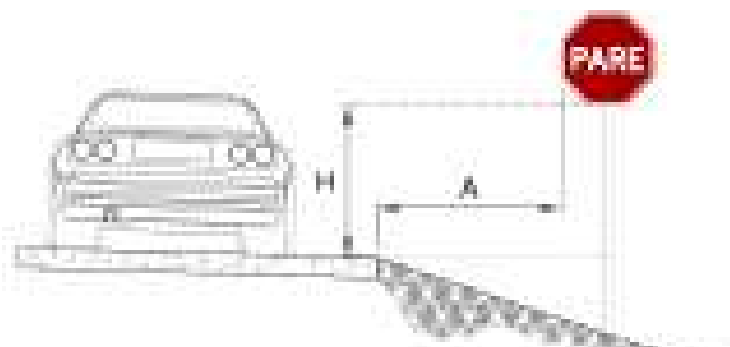
Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### Ubicación lateral

Dependerá de la distancia, medida desde el borde de la calzada, a la cual será instalada. Para esto, es importante tener presente que el conductor de un vehículo tiene una visibilidad en la forma de un cono de proyección, el que se abre en un ángulo de alrededor

de 10° con respecto a su eje visual. Con respecto a la altura de la placa de la señal, se deben conjugar variados factores, como son retroreflexión, tránsito de peatones, vegetación, obstáculos cercanos, etc.

Figura N° 6 Ubicación transversal de señales verticales – distancia “A” y altura “H”



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

Cuadro N° 12 Ubicación transversal de señales verticales (distancia “A” y altura “H”)

Tipo de vía	A(m)	H(m)	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
Carreteras	2,0	1,5	2,2
Caminos	1,5	1,5	2,2
Vías urbanas	0,6	2,0	2,2

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

“A”, distancia desde el borde exterior de la calzada, hasta el canto interior de la señal vertical. “H”, distancia entre la rasante, y el canto o tangente al punto inferior de la señal.

### 2.7.3. Señales de prioridad

Regulan el derecho preferente de paso: PARE (SR-01) y CEDA EL PASO (SR-02).

Se utilizará una señal CEDA EL PASO (SR-02), cuando la visibilidad en el cruce o empalme, permita al conductor del vehículo, que transita por la calle de menor prioridad, distinguir fácilmente cualquier vehículo que circule por la vía principal.

### 2.7.4. Señales de preseñalización (IP)

Estas señales informan sobre la proximidad de un enlace o empalme con otras vías, indicando la distancia a éstos, el nombre o código de las vías y los destinos importantes

que ellas permiten alcanzar. Con esta información los conductores pueden iniciar la selección de la o las pistas que le permiten salir de la vía o continuar en ella, en la Figura N°7 se aprecian ejemplos de estas señales.

Se usan en autopistas y autovías, y en vías convencionales con flujos de salida importantes.

En autopistas y autovías deben ser instaladas aproximadamente a 2 km de un enlace y reiteradas a no menos de 500 m de éste; la instalación de una tercera señal entre las dos anteriores, puede justificarse cuando el tránsito de vehículos pesados es significativo y/o la geometría de la ruta dificulta la visibilidad de las señales.

La distancia se informará en la parte inferior de la señal.

En vías convencionales rurales deben ubicarse a no menos de 300 m del cruce o salida, se debe preavisar con una señal a lo menos a 700 metros. En el caso urbano, se debe instalar a no menos de 200 metros.

Cuadro N° 13 Distancias en metros de las señales de preseñalización

	Velocidad (km/h)			
	≤50	60 - 80	90 - 100	110 - 120
Preseñalización 1	200	300	700	2000
Preseñalización 2	-	-	300	1000
Preseñalización 3	-	-	-	500

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

Figura N° 7 Ejemplo señal preseñalización tipo mapa y aérea.



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 2.7.5. Señales de dirección (ID)

Informan sobre destinos a los que es posible acceder al tomar una salida, fundamentalmente, la dirección de la salida, lo que indica a los conductores el tipo de maniobra requerida para abandonar la vía o continuar en ella. En señales de dirección



compuestas, las flechas que indiquen destinos hacia la derecha se ubican próximas al borde derecho de la señal y las que señalan destinos hacia la izquierda o hacia arriba, próximas al izquierdo, en la Figura N° 8 se muestran ejemplos de estas señales.

Figura N° 8 Ejemplo señales de dirección (ID)



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 2.7.6. Señales de confirmación (IC)

Estas señales tienen como función confirmar a los conductores que la vía a la cual se han incorporado los conduce al destino elegido, entregando información de distancia a éste y a otros destinos que la vía conduce. Deben contener a lo menos el o los destinos entregados con anterioridad en la vía de origen por las señales de preseñalización y de dirección. Estas señales se instalan finalizada la pista de incorporación a la nueva vía. Ver Figura N° 9.

Figura N° 9 Ejemplo señales de confirmación



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

### 2.7.7. Señales de identificación vial (IV)

Estas tienen como función individualizar la vía, indicando su nombre, código o numeración.

#### a) Red fundamental (IV - 2)

Se empleará para identificar los caminos que pertenecen a la red fundamental con la palabra Bolivia en su parte superior y la numeración 0 a 99.

#### b) Red departamental (IV - 3)

Se empleará para identificar los caminos que pertenecen a la red departamental con la palabra Bolivia en su parte superior y la numeración 100 a 999.

**c) Red municipal (IV- 4)**

Se empleará para identificar los caminos que pertenecen a la red municipal con la palabra Bolivia en su parte superior y la numeración 100 a 999.

**d) Nombre y numeración de calle (IV-5)**

Se utiliza en vías convencionales urbanas para informar el nombre de las calles y su altura. En el poste que sustenta esta señal se puede instalar, para uso de personas no videntes, una placa con información en Braille, sobre los nombres y numeración de las calles o vías.

**2.7.8. Señales de localización (IL)**

Estas señales tienen como función indicar límites jurisdiccionales de ciudades o zonas urbanas, identificar ríos, lagos, parques, puentes, lugares históricos y otros puntos de interés que sirven de orientación a los conductores. Se ubican en el límite jurisdiccional.

**2.7.9. Señales de servicios al usuario (IS)**

Su función es informar a los usuarios servicios, tales como teléfono, correos, hotel, restaurante, primeros auxilios, entre otros, que se encuentran próximos a la vía. Estas señales son cuadradas, de fondo azul en autopistas y autovías y verde en vías convencionales; su símbolo es blanco, la señal se ubicará siempre al lado derecho de la pista de circulación y se instalará entre 50 m y 300 m antes del establecimiento.

**2.7.10. Señales de atractivo turístico (IT)**

Estas señales se usan para informar a los usuarios la existencia de lugares de recreación o de atractivo turístico que se encuentren próximos a la vía, tales como parque nacional, playas, artesanía y buceo, entre otras. Son cuadradas, de fondo café; su símbolo es blanco. (MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO- ABC)

**2.8. DISPOSITIVOS DE CANALIZACIÓN**

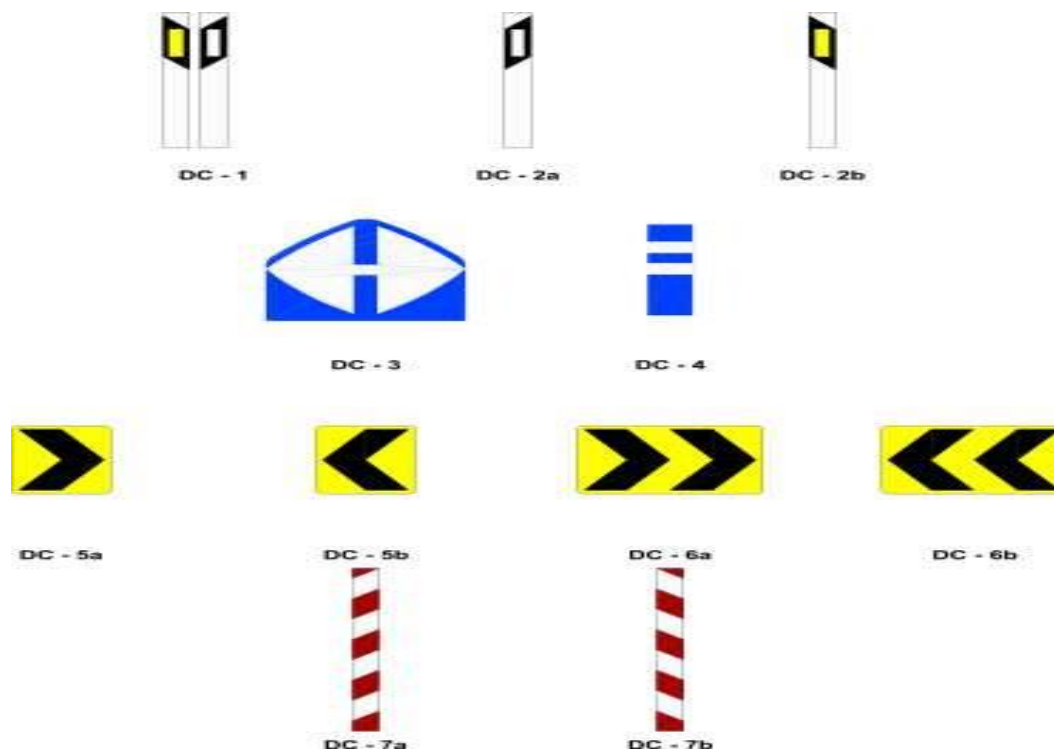
Su objetivo es advertir al usuario en la conducción, respecto de los bordes de la plataforma de un camino durante la noche o en condiciones de escasa visibilidad, o mostrar dos direcciones divergentes posibles de circulación en una vía unidireccional, o mostrar la

dirección de una curva, cuya geometría imponga una restricción en la velocidad de circulación.

Los elementos de canalización son las siguientes:

- a) Hito de Arista Doble Cara (DC – 1)
- b) Hito de Arista Derecho (DC – 2a)
- c) Hito de Arista Izquierdo (DC – 2b)
- d) Hito de Vértice (DC – 3)
- e) Hito Delineador (DC – 4)
- f) Delineador Direccional Simple Derecho (DC – 5a)
- g) Delineador Direccional Simple Izquierdo (DC – 5b)
- h) Delineador Direccional Doble Derecho (DC – 6a)
- i) Delineador Direccional Doble Izquierdo (DC – 6b)
- j) Delineador Vertical Derecho (DC – 7a)
- k) Delineador Vertical Izquierdo (DC – 7b)

Figura N° 10 DC Dispositivos de canalización



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### **Hitos de arista 1-200**

Longitudinalmente, estos hitos de arista se instalarán cada 50 m, excepto en aquellos tramos rectos demarcados con línea discontinua que tenga una longitud mayor o igual a 300 m, donde se dispondrán cada 100 m.

En curvas amplias de gran desarrollo que no cuenten con barreras de contención o delineadores se podrán instalar a distancias de 25 m.

En túneles estos hitos de arista se dispondrán en ambos márgenes de la calzada cada 5 m los primeros 25 m y luego cada 10 m los siguientes 50 m, para continuar en el resto del túnel cada 20 m. Igual tratamiento se deberá hacer en el sentido opuesto en calzada bidireccional.

#### **a) Hito de arista doble cara (DC – 1)**

Su principal objetivo es delinear los bordes de la plataforma de un camino bidireccional durante la noche o en condiciones de escasa visibilidad, mediante su elemento retroreflectante. También presta este servicio durante el día debido a que son de color blanco.

Estos hitos se instalarán verticalmente en los bordes de la plataforma, donde ésta no posea otro elemento que además de su función, cumpla la asignada a estos hitos. Es el caso de las barreras de contención con placas reflectantes, delineadores verticales y delineadores direccionales.

Estos hitos de arista estarán dotados con un elemento retroreflectante en la parte superior de cada cara. Uno será de color blanco y el otro será de color amarillo. La cara con el reflectante blanco se instalará al lado derecho de la plataforma y la cara con el reflectante amarillo en el lado izquierdo. Altura del Hito direccional 1.05 m.

#### **b) Hito de arista derecho (DC – 2a)**

Su principal objetivo es delinear el borde derecho de la plataforma de un camino unidireccional durante la noche o en condiciones de escasa visibilidad, mediante su elemento retroreflectante. También prestan este servicio durante el día debido a que son de color blanco.

Estos hitos de arista estarán dotados con un elemento retroreflectante de color blanco en la parte superior de la cara que ven los conductores. Altura del Hito direccional 1.05 m.

**c) Hito de arista izquierdo (DC – 2b)**

Estos hitos se instalarán verticalmente en el borde izquierdo de la plataforma, donde ésta no posea otro elemento que además de su función, cumpla la asignada a estos hitos. En el caso de las barreras de contención con placas reflectantes, delineadores verticales y delineadores direccionales. Estos hitos de arista estarán dotados con un elemento retroreflectante de color amarillo en la parte superior de la cara que ven los conductores. Altura del Hito direccional 1.05 m.

**d) Hito de vértice (DC – 3)**

Los hitos de vértice tienen como propósito mostrar al conductor las dos direcciones divergentes posibles de circulación, en una vía unidireccional. De cuerpo de color azul y pictograma de color blanco retroreflectante

La selección de la dimensión del hito de vértice debe realizarse según la importancia geométrica de la divergencia, para autopista serán de diámetro 1,5 – 2,0 m y caminos Tipo 1 de 0,8 – 1,0 m.

Los hitos de vértice deberán quedar estables y bien afianzados, pudiendo para este fin rellenarse con arena. En el caso que estos elementos sean metálicos éstos podrán afianzarse mediante tres postes metálicos ubicados dos en los extremos y uno en el centro.

**Delineadores 1-206**

**e) Hito delineador (DC – 4)**

El propósito de los hitos delineadores es ayudar al conductor en la visualización de elementos o demarcaciones dispuestas para la canalización de los flujos en igual sentido u obstáculos adyacentes que signifiquen peligro Se recomienda instalar hitos delineadores en aquellas islas cuya visualización no sea fácil y oportuna, ya sea por su diseño o por condiciones geométricas propias del camino. Estos hitos se instalarán preferentemente sobre el borde de la isla, cuidando de disponer el número suficiente de hitos que, en los

emplazamientos escogidos, permitan al usuario, sin duda alguna, reconocer su contorno y la canalización señalada.

Excepcionalmente, estos hitos se podrán instalar como complemento a la demarcación tipo achurado en V, definida para las divergencias, sólo si estos elementos no constituyen un obstáculo visual para el hito de vértice.

También se recomienda la instalación de los hitos delineadores, en demarcaciones tipo achurado en separación de flujos, cuidando que su disposición señalice claramente el contorno de la demarcación horizontal.

#### **i. Direccional simple**

Los delineadores direccionales simples, cuya disposición siempre se realiza en grupo, tienen como propósito guiar al usuario en la conducción por una curva restringida con respecto a la geometría imperante en un tramo de vía.

Los delineadores direccionales simples se dispondrán para ayudar al usuario a visualizar el desarrollo de toda curva, a la derecha o a la izquierda, cuya geometría imponga una restricción en la velocidad de circulación desde 5 km/h y hasta 20 km/h, respecto a la velocidad asociada a las condiciones generales del tramo donde se ubica la curva.

También se dispondrán estos elementos en aquellas curvas, cuya relación radio – desarrollo o pendiente de acceso, motive una conducción forzada, a pesar que el radio de la curva sea mayor o corresponda con aquel que establece la velocidad señalizada para el tramo donde se ubica la curva.

#### **ii. Direccional doble**

Los delineadores direccionales dobles, cuya disposición siempre se realiza en grupo, tienen como propósito guiar al usuario en la conducción por una curva de peligrosidad.

Los delineadores direccionales dobles derechos e izquierdos, sólo se dispone para advertir y ayudar al usuario a visualizar el desarrollo de toda curva, señalizada como curva cerrada o que imponga una restricción en la velocidad de circulación de más de 20 km/h, respecto a la velocidad asociada a las condiciones generales del sector donde se ubica la curva.

Los delineadores direccionales dobles se instalarán en el borde externo de la curva, al término de la berma o tras las soleras o cunetas si las hay, con su placa perpendicular a la visual del conductor. Se dispondrán, a lo largo de la curva de tal forma que la visual del conductor siempre aprecie como mínimo tres delineadores, a una altura de 0,75 m para la base de la placa. Cuando estos delineadores deban instalarse en una curva que cuente con barrera de contención, entonces estos se ubicarán tras la barrera, cuidando que no se afecte la visibilidad de ningún elemento.

#### **f) Delineadores verticales**

Los delineadores verticales tienen como propósito advertir y guiar al usuario cualquier singularidad que haya al lado derecho o izquierdo y dentro de la plataforma, que pudiera significar algún riesgo en su conducción. Los delineadores verticales serán del tipo flexible y se instalarán junto al elemento que constituye el obstáculo adyacente, por ejemplo: muros, guarda ruedas, pasillos de puentes, muros de túneles, bandejes en plazas de peaje o pesaje, etc.

También se podrán instalar estos delineadores, cuando el camino a pesar de contar con una adecuada geometría, que no obligue al emplazamiento de elementos de contención, presente condiciones que conlleven peligro para la conducción, tales como terraplenes de mediana altura en trazados rectos, terraplenes situados en zonas inundadas, etc. En estos casos su instalación se realizará cada 25 m. (MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO- ABC)

## **2.9. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL**

### **2.9.1. Líneas longitudinales**

Una línea continua sobre la calzada, independiente de su color, significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Una línea discontinua sobre la calzada, independiente de su color, significa que traspasable por cualquier conductor.

### **2.9.2. Líneas de eje**

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro. De forma similar, cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas.

Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse siempre presente en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m de ancho. En calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central.

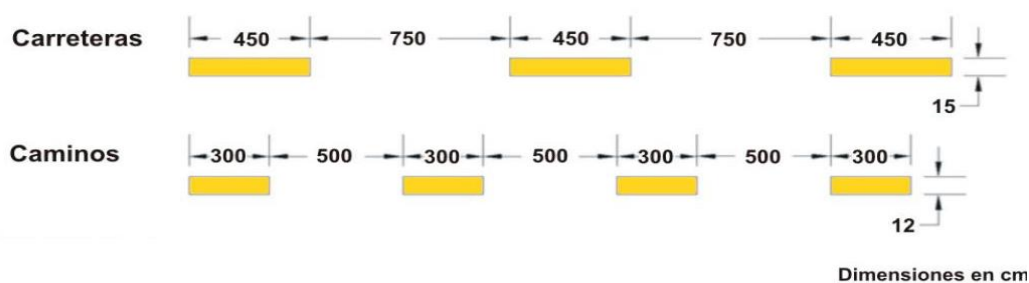
Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o mixtas.

#### a) Línea amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento.

Para velocidades menores a 60 km/h. El ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

Figura N° 11. Diseño línea discontinua



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

#### b) Línea doble amarilla continua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en cruces controlados por las señales estáticas “CEDA EL PASO” o

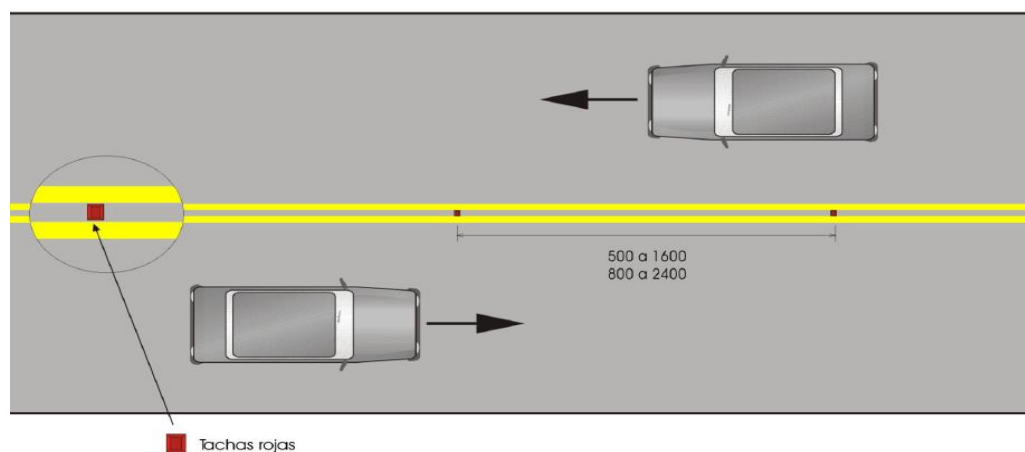


“PARE” y en cruces controlados por señales dinámicas “SEMAFORO”, en una longitud de 20 metros medidos desde la línea de detención.

Las líneas de eje central continuas dobles consisten en dos líneas blancas paralelas, de un ancho mínimo de 15 cm cada una, separadas mínimo por 20 cm, de modo tal que entre la tacha y los bordes de cada línea queden siempre 3 cm. En curvas que requieren sobre ancho las líneas de eje central continuas dobles pueden no ser paralelas para adaptarlas a la geometría del camino.

La demarcación elevada debe ser de color amarillo e instalarse entre las líneas continuas, manteniendo una distancia uniforme entre ellas, la que puede variar entre 5 m y 16 m en vías con velocidad máxima permitida menor o igual a 60 km/h, y entre 8 m y 24 m en vías con velocidades máximas permitidas superiores.

Figura N° 12. Ejemplo de líneas continuas dobles



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### c) Línea doble amarilla continua y discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde la maniobra de adelantamiento es permitida sólo para el tránsito adyacente a la línea de trazado discontinuo.

### d) Línea doble amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo varia. Se utiliza para indicar carriles reversibles.

### **2.9.2.1. Definición de líneas de eje (diseño de zonas de no adelantamiento)**

Dado que la maniobra de adelantamiento es la de mayor riesgo al conducir, las zonas de adelantamiento deben ser definidas cuidadosa y adecuadamente conforme a los criterios especificados a continuación.

Las zonas de No Adelantar deben ser establecidas, además de los lugares en que exista una distancia de visibilidad de adelantamiento menor a la distancia de adelantamiento mínima. Esta última distancia, es la necesaria para que el vehículo abandone su pista, pase al vehículo que lo precede y retome su pista en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo que está adelantado, ni la de otro que se desplace en sentido contrario por la pista utilizada para el adelantamiento.

En los siguientes sectores de una vía se prohíbe adelantar, debe considerarse una línea continua:

- Bermas.
- Curvas horizontales sin visibilidad.
- Puentes bidireccionales.
- Pasos a nivel bidireccionales.
- Cruces no regulados.
- Cima de una cuesta (curvas verticales).

La maniobra de adelantamiento es la de mayor riesgo al conducir, las zonas de NO ADELANTAR deben ser definidas cuidadosamente conforme a los criterios especificados a continuación.

En curvas verticales la distancia de visibilidad de adelantamiento es la máxima distancia a lo largo de la cual un objeto que se encuentra 1 m por encima de la superficie del pavimento.

La distancia de visibilidad de adelantamiento en una curva horizontal es aquella que se mide a lo largo del centro de la pista más a la derecha en el sentido de circulación, entre dos puntos que se encuentran 1,1 m sobre la superficie del pavimento, en la línea tangencial al radio interno u otra obstrucción que recorte la visibilidad dentro de la curva.

En el cuadro N°14. se especifican las distancias de adelantamiento mínima según la velocidad máxima permitida en la vía.

Cuadro N° 14. Distancia de adelantamiento mínima

<b>Velocidad máxima (km/h)</b>	<b>Distancia de adelantamiento mínima (m)</b>
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### **2.9.3. Líneas de carril**

La función principal de las líneas de pista es ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y pueden ser de dos tipos; continuas o segmentadas.

#### **2.9.3.1. Línea blanca discontinua**

Se utiliza para demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo en donde si es permitida la maniobra de adelantamiento.

##### **a) Líneas segmentadas normales**

Las dimensiones de estas demarcaciones son las indicadas en las “Líneas de Pista Segmentadas Normales” se dispondrán en tramos de una vía, donde se permite reglamentariamente la maniobra de cambio de pista, desde una pista normal de circulación a otra también de circulación normal.

Dependiendo de la categoría de la vía en cuestión, la relación entre longitudes de los segmentos demarcados, brechas de separación y anchos de segmentos, deberán cumplir con lo indicado en el cuadro N° 16, siguiente:

Cuadro N° 15. Relación demarcación / brecha en línea de pistas

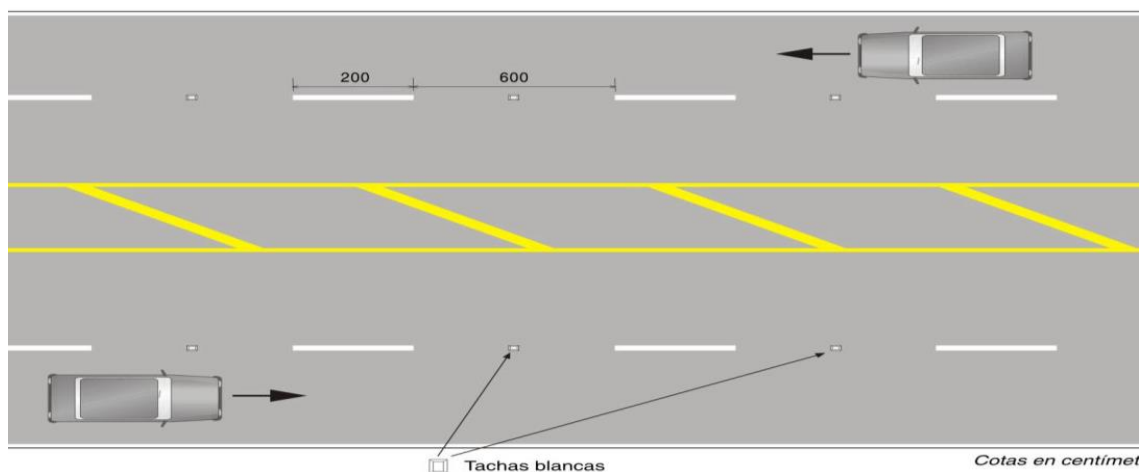
Velocidad máxima de la vía (km/h)	Patrón (m)	Relación demarcación brecha
Mayor a 80	12	1 a 3
Menor o igual a 80	8	3 a 5

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

Así, para una vía con velocidad máxima inferior a 60 km/hr se debe usar un patrón de 8 m y una relación 3 a 5, lo que se traduce en líneas de 3 m demarcados seguidas de 5 m sin demarcar.

La demarcación elevada debe ser de color blanco e instalarse centrada en todas las brechas o brecha por medio. Ver Figura N° 13.

Figura N° 13. Ejemplo de líneas de pistas segmentadas



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

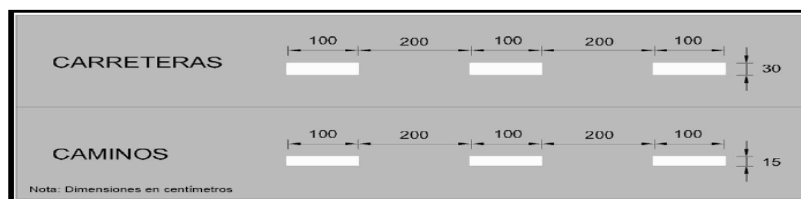
### b) Líneas segmentadas especiales

Se utilizan para separar una pista normal de circulación de una pista auxiliar. Las pistas auxiliares, corresponden a Pistas de Cambio de Velocidades (aceleración y deceleración), Pistas de Viraje, Pistas de Salidas Directas, Pistas de Incorporación, Pistas Lentas, etc.

#### i. Pistas auxiliares de incorporación y/o egreso

Dependiendo de la categoría de la vía en cuestión, este tipo de línea, deberá presentar las siguientes características, en cuanto a ancho y longitudes de segmentos y brechas.

Figura N° 14. Relaciones de demarcación para pistas auxiliares de incorporación y/o egreso



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

## ii. Pistas auxiliares de tránsito lento

Estas líneas tienen la función de separar la pista reservada al tránsito de determinados vehículos. Además, separa una eventual pista adicional obligatoria para tránsito lento, y puede ser utilizada por el resto de la circulación en ese sentido a fin de facilitar su desplazamiento. En el tramo en donde se incorpora la pista especial, será necesario demarcar en la calzada, flechas rectas que indiquen el sentido del tránsito. Los anchos y la relación entre las longitudes de los segmentos demarcados y de las brechas de separación, deberán cumplir con lo indicado.

## iii. Línea segmentada de borde de calzada

La función principal de las líneas de borde es delimitar el borde o límite transversal de la calzada, e inicio de la zona de bermas y/o aceras y/o accesos particulares, pueden ser de dos tipos; continuas o segmentadas.

Las líneas segmentadas de borde de calzada, deben ser empleadas en lugares de emplazamiento de accesos particulares y para delimitar ensanchamientos de calzada destinadas al estacionamiento o detención de vehículos. La relación entre las longitudes del segmento demarcados y de las brechas de separación y anchos deberán cumplir con lo indicado.

### 2.9.3.2 Línea blanca continua

La línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Acorde a lo anterior, la línea continua se utiliza para:

#### a) Demarcar la separación de carriles

De un mismo sentido de flujo en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento. Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en cruces controlados por las señales estáticas “CEDA EL PASO” o “PARE” y en cruces controlados por señales dinámicas “SEMÁFORO”, en una longitud de 20 metros medidos desde la línea de detención.

#### **b) Demarcar el borde derecho de la calzada**

Indicando el término de la calzada estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente sobre ésta. Estas demarcaciones, son la única orientación para un conductor cuando es encandilado por un vehículo que transita en el sentido contrario, de allí la importancia que presenta en caminos y carreteras bidireccionales.

En áreas urbanas, cuando las características geométricas de la vía generan condiciones de riesgo, como, por ejemplo: curvas cerradas, variaciones de ancho de calzada o cuando no existe iluminación apropiada, estas líneas presentan una gran utilidad para el conductor, por lo tanto, deben ser consideradas en el diseño.

Estas líneas deberán disponerse de los anchos indicados en el esquema siguiente, en función del tipo de vía, para velocidades menores a 60 km/hr, el ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

### **2.9.3.3. Otras líneas longitudinales**

#### **2.9.3.3.1. Líneas de prohibición de estacionamiento**

Estas líneas señalan la prohibición de estacionamiento permanente a lo largo de un tramo de vía; son continuas, amarillas y se ubican junto al borde de calzada o en la solera en caso que ésta exista. Se recomienda utilizarla complementada con la señal vertical PROHIBIDO ESTACIONAR (SR-28). El ancho de esta línea dependerá de la velocidad, de acuerdo a lo siguiente:

- Para velocidad menor o igual a 60 km/h, emplear un ancho mínimo de 10 cm.
- Para velocidad entre 70 km/h y 90 km/h, inclusive, usar ancho de 15 cm.

- Para velocidad mayor o igual a 100 km/h, el ancho debe ser de 20 cm.

### 2.9.3.3.2. Líneas de transiciones para reducción de pistas

Cuando el ancho de la calzada se reduce disminuyendo el número de pistas disponibles, se debe demarcar una zona de transición con líneas de eje y de borde de calzada convergentes, que indiquen al conductor dicha reducción.

En la zona de transición siempre se debe señalar la prohibición de adelantar al flujo que circula en la dirección de la convergencia, demarcando con línea continua eje más próximo a dicho flujo. La demarcación de la transición depende también del número y tipo de pistas.

En la zona de transición siempre se deberá señalar la prohibición de adelantar al flujo que circula en la dirección de la convergencia, demarcando con línea continua la línea de eje más próxima a dicho flujo. El largo mínimo de la zona de transición queda determinado por las siguientes relaciones:

Donde:

D=Longitud de transición en mts. En todo caso D no debe ser nunca menor a 10 m.

A=Diferencia de ancho de calzada, entre los extremos de zona de transición, en mts.

V=Velocidad máxima permitida en el tramo previo a la transición (km/h).

d=Distancia entre la señal de advertencia de peligro y el inicio de la transición reductiva.

De las expresiones anteriores se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro N° 16. Longitud mínima de la zona de transición

A(m)	Velocidad (km/h)								
	≤40	50	60	70	80	90	100	110	120
0,5	10	10	20	25	25	30	35	35	40
1,0	15	20	40	45	50	60	65	70	75
1,5	20	25	60	70	75	85	95	100	110
2,0	25	35	75	90	100	115	125	135	145
2,5	30	45	95	110	125	145	160	170	180
3,0	35	50	115	135	150	170	190	200	220
3,5	40	60	135	155	175	200	220	240	260

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

Antes de la transición se instalará una señal de advertencia de peligro, a una distancia determinada.

Dado el riesgo que involucran estas transiciones, es conveniente que las líneas de borde de calzada en estas zonas sean lo más anchas posibles, para garantizar su visibilidad en toda circunstancia.

#### **2.9.3.3.3. Líneas transversales**

Estas líneas tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; Líneas de Detención y Líneas de Cruce.

#### **2.9.3.3.4. Líneas de detención**

Corresponden a las líneas que indican el lugar, ante el cual, los vehículos que se aproximan a un cruce o paso para peatones, deben detenerse.

En vías urbanas con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 60 km/h, y en caminos, el ancho mínimo debe ser de 20 cm. En cambio, cuando se trate de vías urbanas con velocidades máximas superiores a 60 km/h, y en carreteras, el ancho mínimo será de 30 cm.

#### **2.9.3.4. Cruce controlado por señal ceda el paso**

En este caso, la línea de detención corresponde a una demarcación transversal conformada por una línea segmentada doble y constituyendo un complemento a la señal vertical CEDA EL PASO (SR-2).

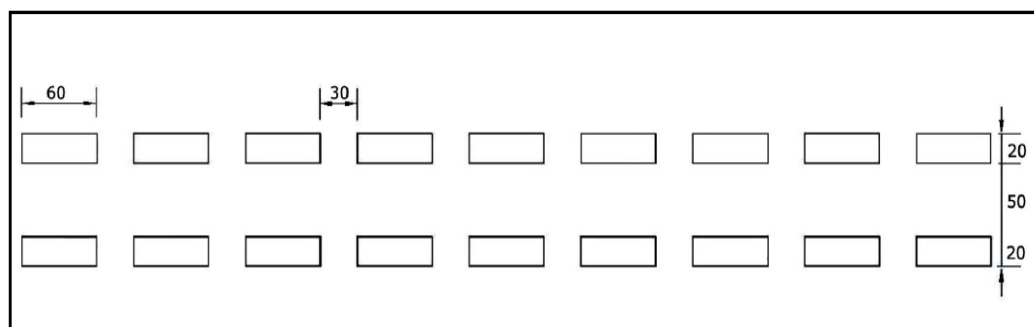
Las líneas de detención indican al conductor que enfrenta la señal CEDA EL PASO, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo deberá detenerse, buscando optimizar la visibilidad del conductor sobre la vía prioritaria.

Las líneas de detención CEDA EL PASO deberán demarcarse siempre, y deberá presentar las siguientes características, en cuanto a ancho y longitudes de segmentos y brechas.

La figura N° 15 muestra la demarcación de una línea de detención de ceda el paso, esta ilustrada en la siguiente figura:



Figura N° 15. Línea de detención ceda el paso



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

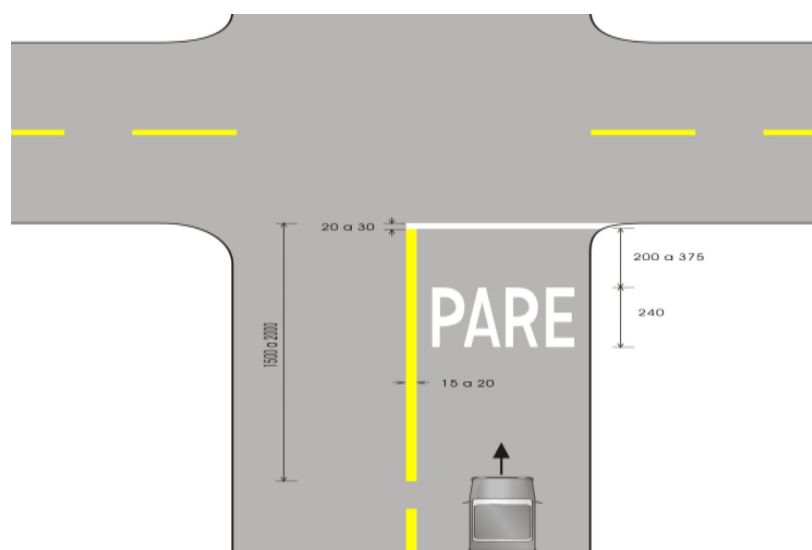
### 2.9.3.5. Cruce controlado por señal pare

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la señal Pare, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo debe detenerse.

Debe ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria para reanudar la marcha con seguridad.

Estas líneas de detención deben demarcarse siempre, constituyendo una complementación de la señal vertical PARE (SR-1) y deberá presentar las características, en cuanto a ancho, mostradas en la Figura N° 17. siguiente:

Figura N° 16. Señalización horizontal en cruce regulado señal pare



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 2.9.3.6. Líneas de cruce

#### 2.9.3.6.1. Líneas de cruce en paso peatonal tipo cebra

Esta demarcación, se utiliza para delimitar una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestricta.

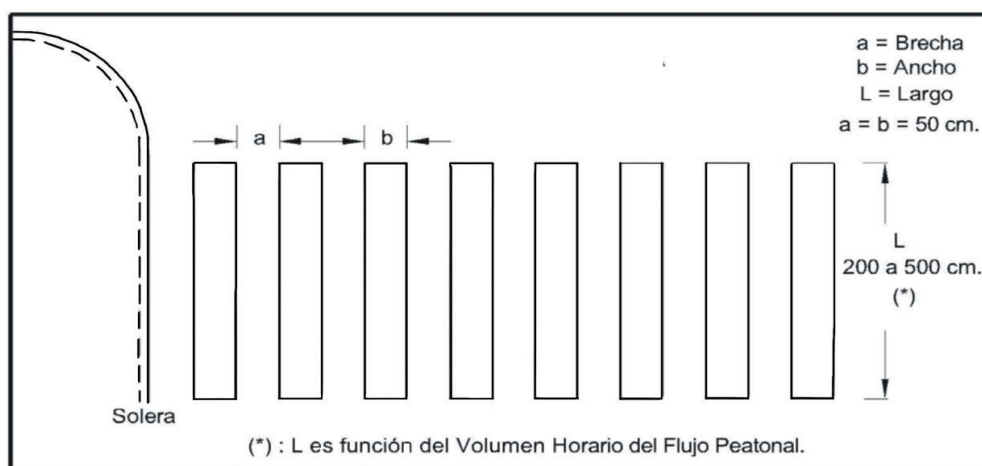
Dicha zona se compone de una línea transversal segmentada, en que cada segmento tiene un ancho de 50 cm, una brecha de 50 cm, y un largo constante que puede variar entre 2,0 - 5,0 m según volumen del flujo peatonal que solicitara el cruce.

El borde de la banda más próxima a cada solera debe ubicarse aproximadamente a 50 cm. de ésta.

La línea de detención asociada al cruce peatonal indicará al conductor que enfrenta un paso de cebra, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo deberá detenerse, tal como se puede apreciar en la Figura N° 17. Misma exigencia deberán cumplir Pasos Peatonales Tipo Cebra emplazados en esquinas.

En casos especiales de alto tránsito peatonal, se podrá utilizar un ancho mayor, dependiendo de la evaluación que se efectúe en cada situación.

Figura N° 17. Largo paso peatonales frente a un alto flujo peatonal



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

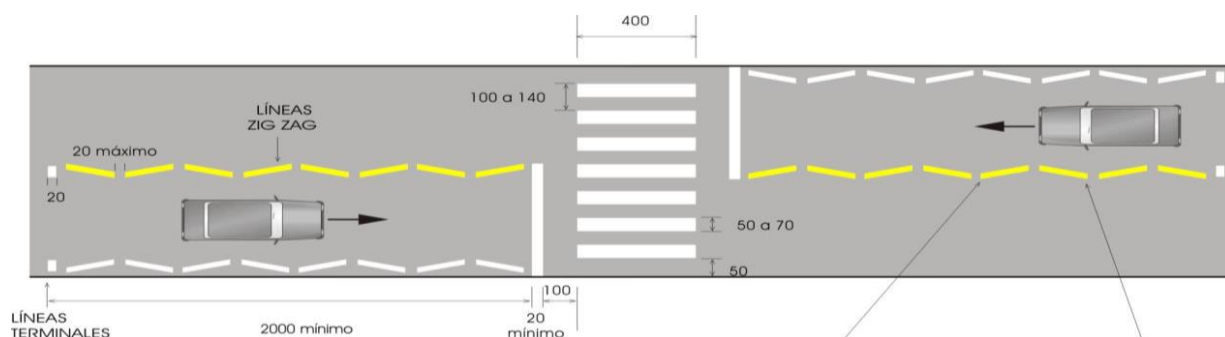
El ancho de la senda es función del flujo peatonal, de acuerdo a lo indicado en el cuadro N° 17

Cuadro N° 17. Ancho senda peatonal

Flujo peatonal (peatones/h)	Ancho mínimo (m)
Menor o igual a 500	2,0
501 a 750	2,5
751 a 1000	3,0
1001 a 1250	3,5
1251 a 1500	4,0
1501 a 1750	4,5
Mayor a 1750	5,0

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

Figura N° 18. Señalización horizontal en cruce peatonal tipo paso de cebra



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

Estas líneas de cruce peatonal del tipo Paso de Cebra, deberán ser complementadas con demarcaciones de líneas tipo zigzag, desde 20 m antes de la línea de detención, con la finalidad de advertir a los conductores la proximidad del Paso de Cebra, tal como se indica en la Figura N° 19.

Estas líneas son blancas y se construyen según lo indicado en la figura anterior.

Además, para advertir la proximidad de esta demarcación, se complementa con la señal vertical PROXIMIDAD DE PASO DE CEBRA, balizas iluminadas u otras señales que refuercen el mensaje hacia el conductor, con la finalidad de que disminuya su velocidad.

### 2.9.3.6.2. Símbolos y leyendas

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros.

Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como CEDA EL PASO y PARE y leyendas como LENTO, entre otras.

Atendiendo a su tipo, estas señales se clasifican en:

- Flechas.
- Leyendas.
- Otros símbolos.

Debido a que estas señales se ubican horizontalmente sobre el pavimento y que por lo tanto el conductor percibe primero la parte inferior del símbolo, tanto flechas como leyendas deben ser más alargadas en el sentido longitudinal que las señales verticales, para que el conductor las perciba proporcionadas.

La demarcación de flechas y leyendas es blanca, pudiéndose utilizar colores distintos, tales como amarillo, negro, etc. para otros símbolos, siempre y cuando dichos colores correspondan a los especificados, para cada caso, más adelante en esta sección.

Estas señales deben demarcarse en el centro de cada una de las pistas en que se aplican, con la excepción de la flecha de Advertencia Inicio Línea de Eje Central Continua, que se demarca en el costado izquierdo de las pistas.

### **2.9.3.7. Otras demarcaciones**

#### **2.9.3.7.1. Achurados**

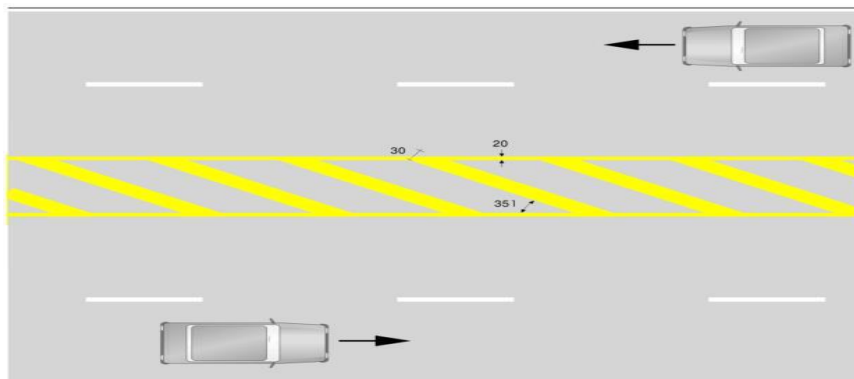
La función de los achurados es prevenir a los conductores la proximidad de islas y bandejones, así como canalizar el flujo vehicular. Se distinguen dos tipos de achurados; en diagonal y en “V”.

Los achurados en diagonales se emplean en canalizaciones y en islas centrales, cuando los flujos que los enfrentan tienen sentidos opuestos y en las superficies retranqueadas que se extienden por el costado del separador.

En el caso de los achurados en “V” se emplean para anunciar la presencia de una isla o bandejón, cuando los flujos vehiculares convergen o divergen.

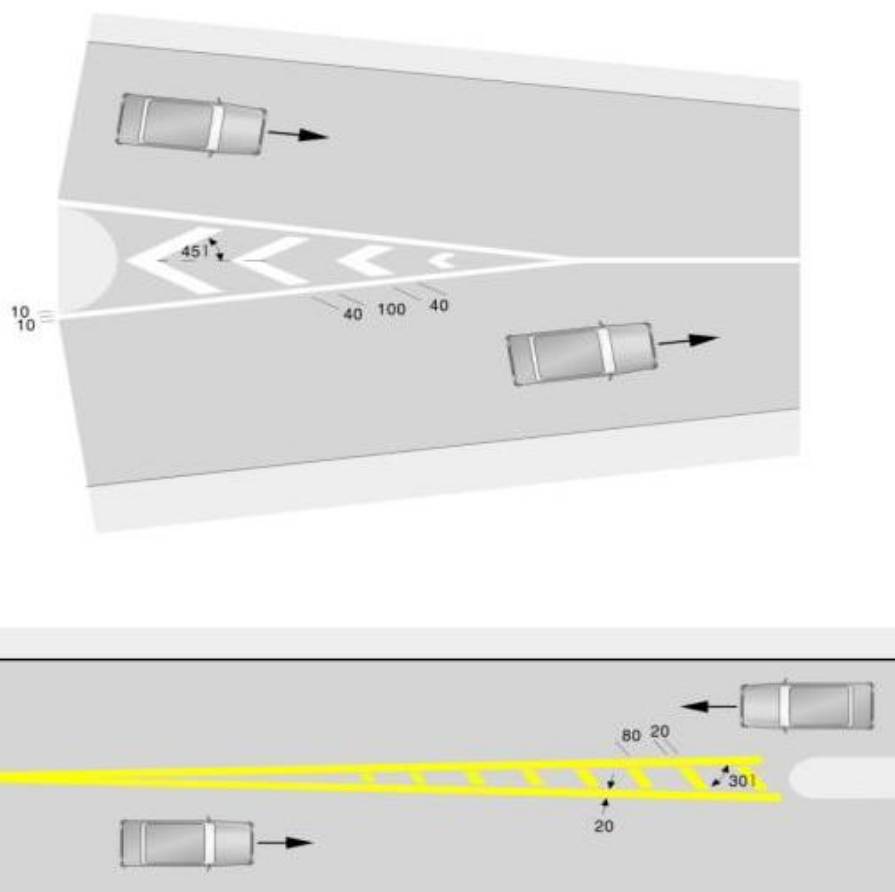
Es conveniente destacar estas superficies con la instalación de tachas reflectantes de color amarillo.

Figura N° 19. Demarcación tipo achurado central



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

Figura N° 20. Demarcación tipo achurado bifurcación divergente y convergente



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 2.9.3.7.2. Bloqueo de cruces

Esta señal indica a los conductores la prohibición que establece la Ley de quedar detenido dentro de un cruce por cualquier razón.

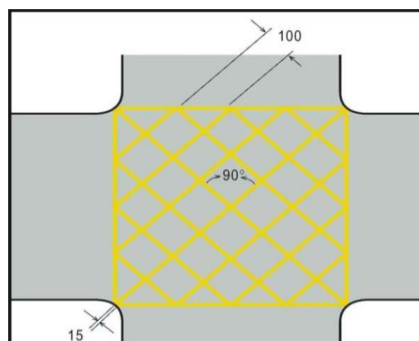
Se instala en cruces que presentan altos niveles de congestión, con el propósito de que la detención del flujo por una vía, no obstaculice la circulación de vehículos por la otra.

Esta demarcación sólo debe aplicarse en intersecciones donde se generen bloqueos producto de la congestión aguas abajo de ellas, siempre y cuando no existan flujos importantes que viren a la izquierda desde la vía perpendicular, ya que en este caso la demarcación no es respetada y la señalización en general se desacredita.

En cuanto a las formas y dimensiones, en función del tipo de vía.

Este símbolo debe cumplir con las características señaladas en Figura N°22.

Figura N° 21. Demarcación tipo bloqueo de cruces



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 2.9.3.7.3. Resaltos

El exceso de velocidad es una de las causas de la ocurrencia y la gravedad de los accidentes de tránsito, entonces, para disminuir la velocidad se deberá recurrir al empleo de medidas reductoras de velocidad como son los resaltos. Estos dispositivos, se emplearán en accesos a intersecciones que presenten una alta tasa de accidentes, en donde sea necesario proteger el flujo peatonal y en las vías donde es necesario disminuir las velocidades de los vehículos.

La ubicación de estos resaltos se empleará para resolver los siguientes problemas:

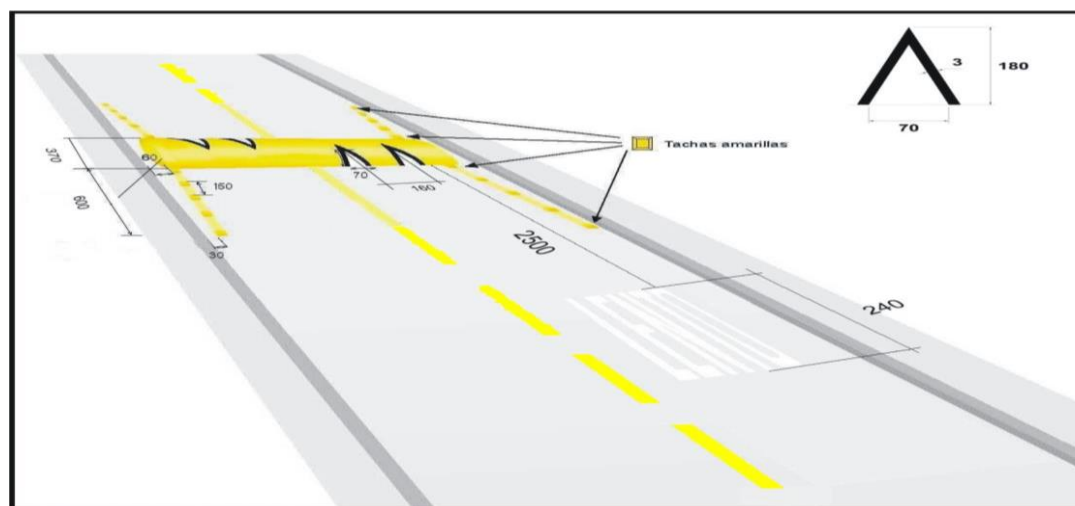
- En cruces de vías de acceso no regulados, donde se requiere reducir la velocidad.
- Tramos de caminos donde se registra exceso de velocidad.
- En cruces y vías para proteger el flujo peatonal.
- Cruces regulados por señal de prioridad, para que los conductores respetan la velocidad.
- Zonas de Escuela y Plazas de Juegos Infantiles.

Para la definición de instalación de resaltos se requerirá, disponer los antecedentes estadísticos que registren al menos 1 accidente con lesiones graves o muerte, o en su defecto que las encuestas a los vecinos o usuarios de la vía denuncien el exceso de velocidad. La visita a terreno, será necesaria, para detectar si efectivamente el exceso de velocidad es el factor de riesgo en el sector.

Su función es reducir la velocidad a un promedio de 30 km/hr, por lo sólo deben ser instalados en vías urbanas de carácter local y de usos de suelo predominantemente residencial y/o donde se emplazan establecimientos educacionales. Estos dispositivos no son adecuados para las vías urbanas de mayor jerarquía (o aquellas rurales de menor jerarquía), en donde se requiere mantener las velocidades cercanas a los 60 km/h, en cuyo caso se utilizará el resalto tipo cojín.

Previo al resalto, siempre deberá demarcarse en el pavimento la leyenda “LENTO”.

Figura N° 22. Resalto



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

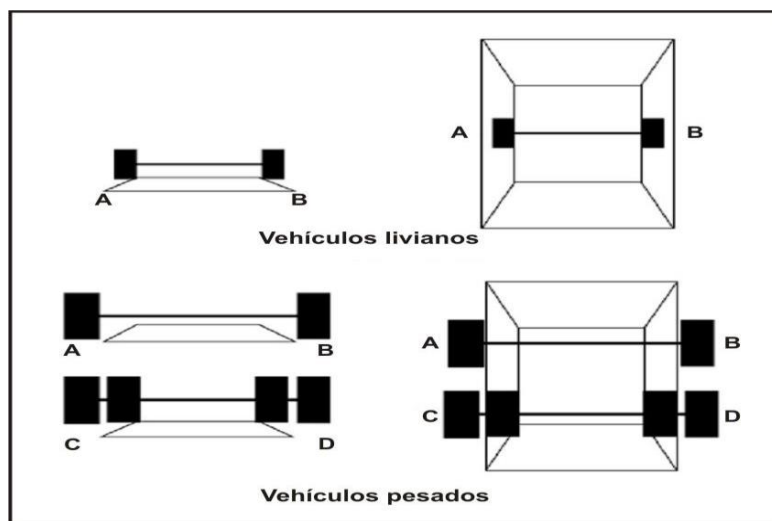
### Resalto tipo cojín

El exceso de velocidad en relación a ciertas condiciones de la vía y del entorno, es uno de los principales factores contribuyentes al riesgo, ocurrencia y gravedad de los accidentes de tránsito. La medida reductora, o calmante, de velocidad más conocida ha sido el resalto o “rompe-muelle”.

Su función es reducir la velocidad a un promedio de 30 km/hr, lo que los hace especialmente aptos para vías urbanas de carácter local y de usos de suelo predominantemente residencial y/o donde se emplazan establecimientos educacionales. Sin embargo, dichos dispositivos no son adecuados para las vías urbanas de mayor jerarquía (o aquellas rurales de menor jerarquía), en donde se requiere mantener las velocidades cercanas a los 60 km/h.

Los resaltos denominados “cojines”, son más amigables para los usuarios de vías de mayor jerarquía, al posibilitar velocidades medias del orden de 50 km/h. La forma cómo funcionan los vehículos puede ser percibida en Figura N° 24.

Figura N° 23. Esquema de funcionamiento de los resaltos tipo cojín



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

#### 2.9.3.7.4. Bordes y bandas alertadoras

Se emplea para advertir a los conductores que el vehículo está traspasando la línea de borde de calzada en vías con berma pavimentada o que se está acercando a sectores de



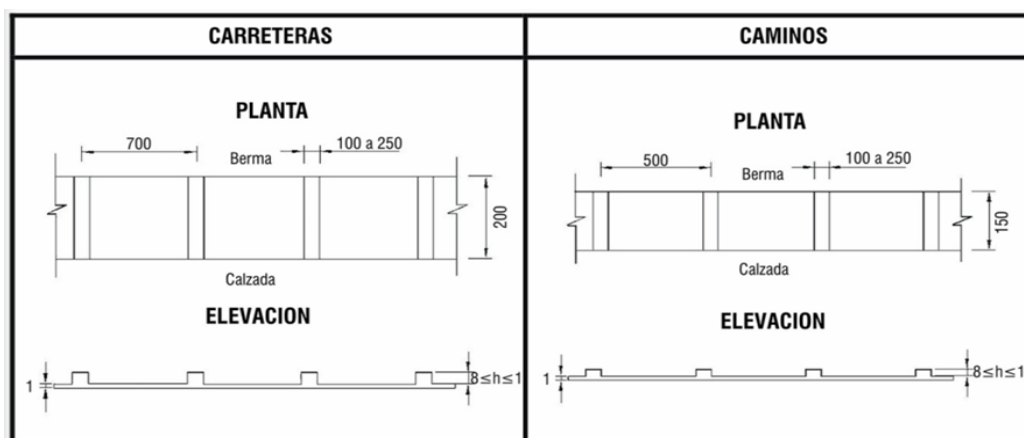
riesgo, como cruces, zonas pobladas, etc., lugares donde debe reducir la velocidad y tomar mayores precauciones.

#### a) Borde alertador

El borde alertador, consiste en una línea dentada que produce un efecto sonoro y vibratorio dentro del vehículo, cuando éste traspasa dicha línea.

El diseño considera sectores elevados de demarcación cuya altura varía entre 8 mm y 15 mm, con un de largo entre 10 cm y 25 cm, y separación de 50 cm a 70 cm.

Figura N° 24. Borde alertador



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

#### b) Bandas alertadoras

La banda alertadora, corresponde a una franja dentada instalada sobre la calzada en forma de baterías o agrupada con otras bandas alertadoras, las que, según su diseño, permiten disminuir la velocidad y alertar al conductor de situaciones de riesgo que requieren de su atención.

En general, tienen una altura de 4 mm y un ancho de 50 cm, debiéndose instalar en líneas de dos bandas alertadoras, separadas entre sí por una distancia de 50 cm.

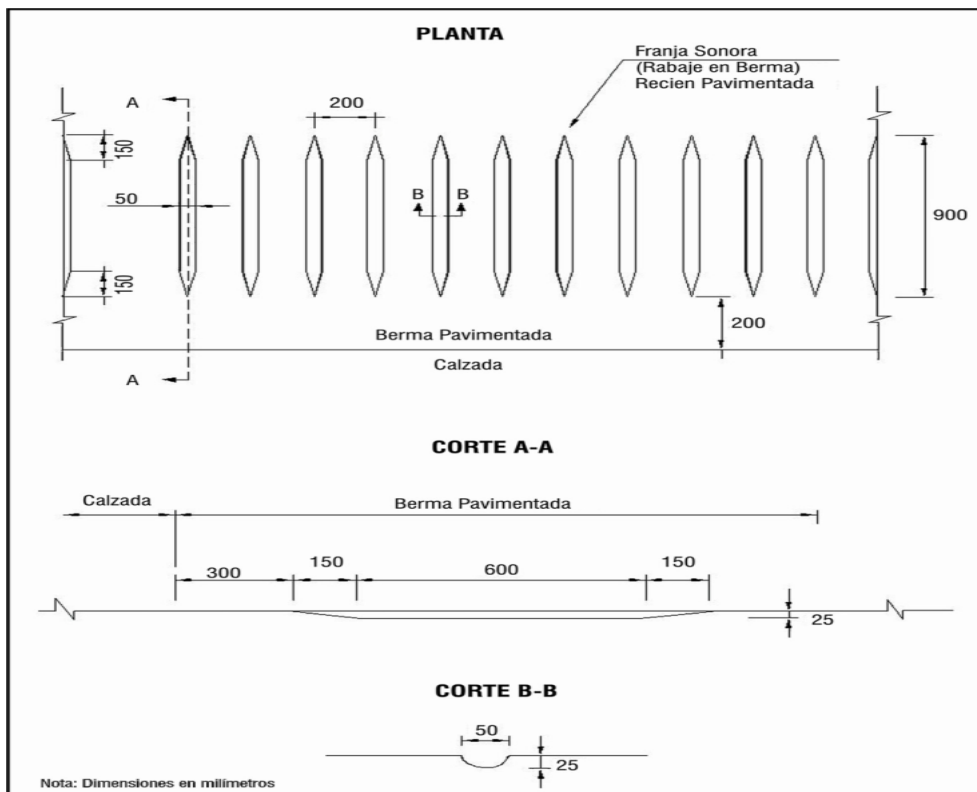
#### 2.9.3.7.5. Franjas sonoras

Las franjas sonoras, consisten en rebajes transversales que se ejecutan en bermas pavimentadas, lo que produce un efecto sonoro y vibratorio dentro del vehículo,

advirtiéndolo al conductor que está abandonando la calzada y debe efectuar maniobras de control.

Estos rebajes tienen una profundidad de 2,5 cm y una longitud de 90 cm, los que deben ejecutarse transversalmente a la berma en una longitud de 90 cm, separados cada 20 cm entre sí.

Figura N° 25. Franjas sonoras



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 2.9.3.7.6. Distanciadores

Corresponde a un símbolo empleado para indicar al conductor la distancia al vehículo que lo antecede, con la finalidad de disponer del tiempo suficiente para reaccionar en caso frenadas en forma intempestiva.

Esta distancia de seguridad corresponde a la comprendida entre dos distanciadores.

Se demarcan en cada pista de circulación a una distancia entre sí que depende de la velocidad máxima permitida en la vía, la cual se indica en el cuadro N° 18.

Cuadro N° 18. Separación entre distanciadores

Velocidad máxima de la vía (km/h)	Separación de distanciadores (m)
50	15
60	20
70	25
80	30
90	35
100	40

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

#### 2.9.3.7.7. Tachas

Se ubican paralelas a una línea de demarcación con la finalidad de confirmar la instrucción entregada por dicha línea, principalmente en la conducción nocturna y bajo condiciones de lluvia.

La demarcación elevada puede ser de los siguientes colores:

- Blanco.
- Roja.
- Amarilla.

Cada uno de estos colores cumple una función distinta. Se tiene:

- Blanco: se usa delimitando, alineamientos que pueden ser transgredidos normalmente por los vehículos, en el marco de la operación normal de tránsito.
- Amarilla: se usa delimitando alineamientos que pueden ser transgredidos, con precaución y eventualmente por los vehículos, en el marco de una operación de emergencia.
- Roja: se usa delimitando, alineamientos que no pueden ser transgredidos bajo ninguna circunstancia de operación.

#### 2.9.4. Otros dispositivos de control

##### 2.9.4.1. Flex-Beam o guardavías.

#### **2.9.4.1.1. Definición.**

El Flex-Beam o Guardavías son dispositivos de seguridad que se instalan en uno o ambos lados de una carretera, en los lugares donde exista peligro, ya sea por el alineamiento del camino, altura de los terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos, entre otros, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan del camino y encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Estos dispositivos son generalmente defensas metálicas galvanizada.

#### **2.9.4.1.2. Funciones objetivas del flex-Beam.**

El propósito del Flex-Beam es que estas defensas metálicas hagan los caminos, más seguros para los conductores, en particular caminos secundarios, carreteras y autopistas. Para cumplir con estos objetivos, los sistemas de defensa son diseñados para:

- Evitar que los vehículos fuera de control salgan del camino.
- Redirigir a los vehículos fuera de control en dirección paralela al flujo vehicular.
- Minimizar los daños a los ocupantes del vehículo durante la colisión.

#### **2.9.4.1.3. Componentes y especificaciones del flex-beam o guardavías.**

##### **Lamina**

Las barandas de los guardavías metálicas son generalmente de lámina de acero. Salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares determinen lo contrario.

##### **Vigas**

- Tensión mínima de rotura de tracción 345 Mpa
- Límite de fluencia mínimo 483 Mpa
- Alargamiento mínimo de una muestra de 50 mm. de longitud por 12,5 mm. de ancho y por el espesor de la lámina 12%

##### **Secciones finales y de amortiguación**

- Tensión mínima de rotura de tracción 227 Mpa

- Límite de fluencia mínimo 310 Mpa
- Alargamiento mínimo de una muestra de 50 mm. de longitud por 12,5 mm. de ancho y por el espesor de la lámina 12%

Las láminas deben ser galvanizadas por inmersión en zinc en estado de fusión, con una cantidad de zinc mínima de quinientos cincuenta gramos por metro cuadrado (550 gr/m<sup>2</sup>), en cada cara de acuerdo a la especificación ASTM A-123.

La forma del guardavía será curvada del tipo doble onda (perfil W) y sus dimensiones deberán estar de acuerdo con lo indicado en la especificación AASHTO M-180.

### **Postes de fijación**

Son perfiles de láminas de acero en forma de U de 5,50 mm. de espesor, y una sección conformada por el alma de 150 mm. y lados de 60 mm. cada uno, que permitan sujetar la baranda por medio de tornillos sin que los agujeros necesarios dejen secciones debilitadas.

Su longitud debe ser de un metro con ochenta centímetros (1,80 m), salvo que los documentos del proyecto establezcan un valor diferente.

### **Elementos de fijación**

Estos deben ser tornillos de dos tipos, los cuales presentarán una resistencia mínima a la rotura por tracción de trescientos cuarenta y cinco Mega Pascales (345 Mpa). Los tornillos de unión de la lámina al poste serán de dieciséis milímetros (16 mm) de diámetro. Estos tornillos se instalarán con arandelas de acero, de espesor no inferior a cuatro milímetros y ocho décimas (4,8 mm) con agujero alargado, las cuales irán colocadas entre la cabeza del tornillo y la baranda. (MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO-ABC)

## **2.10. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO**

### **2.10.1. Volumen de tránsito**

Se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (6)$$

Q=Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N=Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T=Período determinado (unidades de tiempo).

### 2.10.2. Volumen de tránsito absoluto o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

- **Tránsito promedio diario (T.P.D.):**

Se define el volumen de tránsito promedio diario, como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período.

- **Tránsito promedio diario mensual (T.P.D.M.):**

Es el volumen de tránsito total que circula por un tramo carretero determinado durante un mes, dividido entre el número de días de dicho mes.

- **Tránsito promedio diario semanal (T.P.D.S.):**

Es el volumen de tránsito total que circula por un tramo carretero determinado durante una semana, dividido entre siete.

- **Tránsito anual (TA).**

Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso, T = 1 año.

- **Tránsito diario (TD)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso. T = 1 día

- **Tránsito horario (TH)**

Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso  $T = 1$  hora

- **Tasa de flujo o flujo (q)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. En este caso,  $T < 1$  hora.

En todos los casos anteriores, los períodos especificados, un año un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas, 60 minutos seguidos.

- **Tránsito promedio diario anual (TPDA)**

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía.

Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la ruta en la sección considerada. Este parámetro es también conocido como Índice Medio Diario Anual o IMDA.

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (7)$$

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

### **2.10.3. Características de los volúmenes de tránsito**

Los volúmenes siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la

actuación de las fuerzas dedicadas al control de tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

#### **2.10.4. Recuento de volúmenes de tráfico**

El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:

- Recuento Automático.
- Recuento Manual.

##### **2.10.4.1. Recuento automático**

Se considera recuento automático cuando se utiliza un contador automático que en base a pulsaciones eléctricas acciona un contador conectado a una membrana que esta transversal a la calzada, que a cada paso de un vehículo se va a accionar un pulso eléctrico que hará avanzar el contador. Este tipo de recuento es más utilizado en carreteras y no así en trazos urbanos debido a las particularidades que este último tiene.

La contadora automática de volúmenes pueden ser registrados en forma horaria, diaria mensual o anual, normalmente el mayor uso de los contadores automáticos son para llevar registros diarios que a través de una lectura inicial y otra final se pueden obtener diariamente lo que no proporciona este tipo de recuento es el tipo de vehículo que han sido registrado, tampoco se registra el número de ejes de cada uno de los vehículos; en algunos proyectos puede ser indispensable conocer el porcentaje de vehículo pesados o conocer cual el porcentaje de vehículos que tienen más de dos ejes, este tipo de datos no es posible conseguirlos con un recuento automático pero si es muy útil el recuento automático para tener valor de TPD.

##### **2.10.4.2. Recuento manual**

Si se quiere tener una información mucho más explícita sobre el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc. El recuento manual resulta ser más efectivo, aunque ello requiera de mucho más personal de operadores o aforadores en definitivo representa un presupuesto. Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos cortos de corta duración o en forma periódica en algunos tramos de carreteras importantes.



Dada la importancia de tener valores de volúmenes tanto en carreteras como en calles cualquiera sea el método automático y manual es indispensable la información de volúmenes para realizar un análisis del problema de tráfico.

#### **2.10.5. Periodo de recuento**

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de recuento de acuerdo a la periodicidad.

- Permanente.
- Periódicos.
- De tiempo específico.

##### **2.10.5.1. Recuentos permanentes**

Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales. Este tipo de recuento solo es factible en aquellas carreteras de mucha importancia por ejemplo en la actualidad debido a la tendencia de tener carreteras en concesión se hace necesario el registro permanente de los volúmenes de tráfico. Esto obviamente obliga a tener un presupuesto destinado al registro de valores de tráfico.

##### **2.10.5.2. Recuento periódico**

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes se establece que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores confiables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año. Estos recuentos periódicos a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.

##### **2.10.5.3. Recuento de tiempo específico**

La ejecución de estudios de diseño de carreteras, diseño de trazos urbanos evaluación de carreteras ya existentes, evaluación de trazos urbanos, estudios de variantes y ampliaciones por ser proyectos específicos involucran a un tramo definido o a un sector

del trazo urbano definido se establece que recuentos en tiempos específicos pueden ser útiles en su información para correlacionar con los ya existentes y coadyuvar a la toma de decisiones para dichos proyectos, se pueden tener 5 días o 30 días de recuento constante es decir las 24 horas del día en ese tiempo específico y procesar esa información proyectándola a volúmenes diarios, mensuales y anuales, de acuerdo a la variabilidad que pueda tener el volumen en diferentes épocas del año. (VOLUMEN DE TRÁNSITO, JORGE ELIECER CÓRDOBA MAQUILON, 2016)

## **2.11. MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES**

### **2.11.1. Identificación de TCA según ley provincial de tránsito N° 8560**

#### **2.11.1.1. Método del Índice de Peligrosidad (IP)**

Según la ley provincial de tránsito N° 8560 de la provincia de Córdoba y sus decretos reglamentarios que establecen, en el Anexo C del artículo 103, la metodología para el análisis de los accidentes de tránsito. Se utilizan los siguientes índices:

- **ACV**= N° de accidentes con víctimas registrados a lo largo de un año.
- **IP**= Índice de peligrosidad en un tramo, itinerario o red: N° de accidentes con víctimas por cada cien millones de vehículos-kilómetros recorridos por año en ese tramo, itinerario o red. (Ecuación 8).
- **IM**= Índice de mortalidad: N° de muertos por cada cien millones de veh-km recorridos por año en un tramo determinado. Es indicativo de la gravedad de los accidentes.

Se incluyen todas las rutas pertenecientes a la red en estudio, divididas en tramos de 1km de longitud. (Ecuación 6)

- **Tipología**= Autopista, Autovía, Vía Rápida, Ruta convencional.
- **Zona**= Urbana, Interurbana.

$$IP = \frac{N^{\circ} \text{ de accidentes c/victimas por año} * 10^8 (\text{veh.km})}{\text{Volumen anual (veh.)} * \text{Longitud del tramo (km)}} \quad (8)$$

$$IM = \frac{\text{N}^\circ \text{ de muertos por año} * 10^8 (\text{veh.km})}{\text{Volumen anual (veh.)} * \text{Longitud del tramo (km)}} \quad (9)$$

Se identificarán como tramos de concentración de accidentes (TCA), aquellos en que se verifiquen las condiciones señaladas en el cuadro N° 19:

Cuadro N° 19. Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes

Tipología	Zona	Rangos de T.M.D.A. (veh./día)	Condiciones Por tramo de 1 km.
Autopista Autovías Vía rápida	Llana	>80.000	IP>30 o ACV/año >9
	Ondulada	>40.000 y <80.000	IP>35 o ACV/año >5
	Montañosa	<40.000	IP>40 o ACV/año >3
Ruta Convencional	Urbana o rural llana, ondulada o montañosa	>7.000	IP>70 o ACV/año >3
		<7.000	IP>100 o ACV/año >3

Fuente: Ley Provincial de Tránsito N°8560. Anexo C.

Se determinan los indicadores de accidentalidad para sub-tramos de 1 km de longitud, en función de los datos disponibles de los registros de accidentes. El Índice de Peligrosidad depende del comportamiento de los usuarios, prestaciones de los vehículos, características de la carretera y su entorno, características del tránsito y factores aleatorios. Para disminuir la componente aleatoria se tiende a alargar el período de análisis considerado.

Las características de la carretera y su entorno determinan lo que se podría denominar “riesgo intrínseco” asociado al tramo en las condiciones existentes. A igualdad de las otras componentes, el riesgo intrínseco varía en función de tipología de la carretera (Autopista, Autovía, Vía Rápida, Ruta Convencional), zona (Urbana, Interurbana, Intersección, Tramo). Rangos de volúmenes de tránsito (que dependen del tipo de vía). A medida que el volumen de tránsito aumenta, el Índice de Peligrosidad disminuye; no obstante, dentro de determinados rangos, que dependen del tipo de vía, se puede considerar prácticamente constante.

En países desarrollados se han elaborado distintos procedimientos estadísticos para la determinación del “valor normal” del riesgo intrínseco en cada grupo de tramos homogéneos. En función del mismo, para cada conjunto se establece un valor crítico a partir del cual se estima que el índice de peligrosidad es significativamente elevado y

responde a una desviación del riesgo intrínseco del tramo respecto del normal. Por otra parte, deduciendo de (5), puede expresarse que la cantidad de accidentes con víctimas (ACV) es:

$$ACV = \frac{IP * \text{Volumen Anual}}{10^8} \quad (10)$$

De donde, la alta accidentalidad puede obedecer a cualquiera de los dos factores, y, por lo tanto, las medidas que tienden a reducir la siniestralidad pueden actuar sobre uno u otro o sobre ambos.

#### **2.11.1.2. Pasos para la aplicación del método del índice de peligrosidad**

1. Se comenzará determinando el número de accidentes con víctimas en los tramos de estudio por cada año.
2. Se procederá a obtener mediante un aforo de volumen a través de un recuento manual el tráfico promedio diario anual.
3. Se aplicará la fórmula para determinar el Índice de Peligrosidad de cada tramo de estudio.
4. Utilizando la tabla N° 21 se determinará si los tramos de estudio corresponden a un tramo de concentración de accidentes.

#### **2.11.2. Nuevo método del índice de peligrosidad**

El número de eventos que se producen en un tramo durante un año está sometido a variaciones aleatorias debidas a la propia naturaleza del fenómeno de la accidentalidad. Por ello, y a efectos de obtener una identificación más fiable de los tramos de concentración de accidentes, esta nueva versión del método considera los datos de accidentes de cinco años. Por otra parte, la medida de los niveles de riesgo se realiza a través de índices que relacionan el número de siniestros o sus consecuencias, con el nivel de exposición, representado por el volumen de tránsito en vehículos-kilómetro.

Se considera entonces como tramo de concentración de accidentes aquel tramo de un kilómetro en el que tanto el número de accidentes con víctimas (ACV) en los últimos años como el índice de peligrosidad medio (IPM) en ese período, sea superior a la media

respectiva de todos los tramos de características similares más la desviación media de los mismos. Para la identificación como tramo de concentración de accidentes de tramos de un kilómetro de longitud, se deben cumplir dos condiciones de base:

$$IMP_5=p \rightarrow \sum ACV_5 \geq N \quad (11)$$

Y además que se verifique alguno de los criterios indicados a continuación.

Cuadro N° 20. Criterios para la aplicación del nuevo método del índice de peligrosidad

Criterio	Condición
I	$IP_{aa} \geq \frac{P}{2} \wedge IP_{ua} \geq \frac{P}{2}$
II	$IPM_2 \geq \frac{2}{3} P$
III	$\sum ACV_{aa} \geq \frac{N}{5} \wedge \sum ACV_{ua} \geq \frac{N}{5}$
IV	$\sum ACV_2 \geq \frac{N}{2}$

Fuente: Nuevo método índice de peligrosidad.

Donde:

**IPM5**=Índice de peligrosidad medio en los últimos 5 años (ACV/108 veh-km). Cuando a lo largo del periodo de 5 años se hayan producido modificaciones sensibles en las características físicas o del tráfico del tramo, se considerarán el índice de peligrosidad medio y los accidentes del periodo en el que el tramo haya permanecido con su configuración actual.

**IPM2**=Índice de peligrosidad medio en los últimos 2 años (ACV/108 veh-km).

**ΣACV5**=Suma de los accidentes con víctimas de los últimos 5 años. **ΣACV2**: Suma de los accidentes con víctimas de los últimos 2 años.

**aa**=Año anteúltimo.

**ua**=Ultimo año.

**P**=Constante dependiente del tipo de tramo (Tipo de vía, zona, tránsito), calculada con los índices de peligrosidad de todos los tramos con características semejantes.

$N$ =Constante dependiente del tipo de tramo (Tipo de vía, zona, tránsito), calculada con el número de accidentes con víctimas de todos los tramos con características semejantes.

El cuadro N° 21 indica los valores de P y N según el tipo de vía, zona y TMDA.

Cuadro N° 21 Valores de las constantes P y N – Nuevo método del índice de Peligrosidad

Tráfico medio diario anual	Urbano		Periurbano		Interurbano	
	P	N	P	N	P	N
0-3.000	287	10	396	6	159	10
3.000-5.000	162	5	113	5	126	5
5.000-8.000	213	11	127	5	77	5
8.000-15.000	95	8	98	9	80	6
>15.000	73	12	89	17	48	7

Fuente: Nuevo método índice de peligrosidad.

Este método, actualmente utilizado en España, es la evolución del antiguo método del índice de peligrosidad, adoptado por la ley provincial de tránsito N° 8.560 de Córdoba. Esta nueva versión profundiza aún más el concepto de que a mayor categoría de camino, mayores son las exigencias de seguridad. Esto se logra de similar forma que, en el antiguo método, pero incrementando la cantidad de categorías según TMDA.

La evolución del método no ha mejorado las limitaciones que presentaba su antecesor, pues solo considera los accidentes con víctimas y no tiene en cuenta la distribución de los mismos, por lo que puede considerarse que este método tampoco es consistente. Por otro lado, la discretización de las categorías de camino se encuentra ajustada para tránsitos de España, lo que genera cierta insensibilidad respecto al bajo tránsito en caminos de Bolivia.

Los tramos peligrosos detectados mediante esta metodología, en general, no representan fidedignamente las condiciones de seguridad de la vía en estudio, lo que sumado a las inconsistencias propias del método y al ajuste de sus valores límites para otra realidad, hacen que esta técnica resulte poco adecuada para su aplicación en el ámbito local. (LEY PROVINCIAL DE TRÁNSITO N° 8560 DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA Y SUS DECRETOS REGLAMENTARIOS QUE ESTABLECEN, EN EL ANEXO C DEL ARTÍCULO 103)

### **2.11.3. Identificación de TCA según método del Transportation Research Board**

#### **(TRB) (EEUU)**

Para la identificación de los tramos de concentración de accidentes se basará, según los métodos de la que propone el Transportation Research Board (TRB) (EEUU).

“La TRB es una de las seis divisiones principales del Consejo Nacional de Investigación, una institución privada, sin fines de lucro que es la agencia principal de operaciones de las academias nacionales en la prestación de servicios al gobierno, el público y las comunidades científicas y de ingeniería.”

El estudio teórico de cada método se compone de un análisis de sensibilidad sobre las variables involucradas, el que permite comprender el funcionamiento de las ecuaciones y analizar los límites de aplicación. Cuatro son las técnicas de análisis que se adaptan para el presente estudio las cuales son:

- Método del número o frecuencia de accidentes.
- Método de la tasa de accidentes.
- Método del número – tasa.
- Método del control de calidad de la tasa.

Los métodos 1 y 2 son bastante simples y rápidamente adaptables a los sistemas de rutas pequeños. Los requerimientos de datos son mínimos, la recopilación de datos es simple y los análisis pueden realizarse en forma manual. Los métodos 3 y 4 se recomiendan para los sistemas más grandes, con mayores volúmenes de tránsito y variaciones de flujos de tránsito de mayor amplitud.

#### **2.11.3.1. Método del número o frecuencia de accidentes**

Este método puede utilizarse en forma efectiva para sistemas de calles de ciudades pequeñas, sistemas de calles locales de ciudades mayores y caminos rurales poco transitados, donde la consideración del factor cantidad de tránsito no es tan importante como en sistemas viales con volúmenes mayores o gran amplitud de variación de éstos.

Este es el enfoque más simple y directo. Todos los accidentes se registran, consignándose su ubicación y el período de tiempo en el cual han ocurrido. La simplicidad de este enfoque se justifica si los volúmenes de tránsito son pequeños. De aparecer un agrupamiento, habrá una base objetiva para encarar una investigación que determine qué elemento del camino contribuye a dicha concentración.

Para aplicar el método en un camino rural, debe subdividirse el mismo en tramos homogéneos de igual longitud (un kilómetro, por ejemplo) asignando a cada tramo la cantidad de eventos registrados. Luego se define para tramos homogéneos (mismo tipo de vía y tránsito) el valor promedio de los siniestros. Por último, puede considerarse TCA al tramo cuya cantidad de accidentes por kilómetro sea superior a la media de la vía más un desvío representado a través un coeficiente de mayoración.

Primero, se debe calcular de la frecuencia ecuación (4) y la frecuencia media de accidentes ecuación (5):

$$N_i = \frac{\text{Numero de accidentes en el tramo } i}{\text{Longitud del tramo } i} \quad (12)$$

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud de tramos homogéneos}} \quad (13)$$

De donde:

$N_i$  = Frecuencia de accidentes de un tramo.

$N_m$  = Frecuencia media de accidentes.

Un tramo será considerado TCA cuando se cumple que:

$$N_i \geq K * N_m$$

$$\text{Con } K \geq 1$$

$K$  = factor de mayoración; para aproximaciones iniciales se recomienda ajustarlo a 2.

### **Análisis del método**

El método es simple, de aplicación directa y sus únicas variables son la cantidad de accidentes, la longitud de los tramos de estudio y el coeficiente de mayoración. A través



del factor “k” puede ajustarse la sensibilidad del mismo. A medida que el valor de k se incrementa, disminuye la cantidad de tramos de concentración de accidentes detectados, y, por el contrario, la disminución del valor de k incrementa la cantidad de tramos de concentración de accidentes detectados.

El método resulta especialmente sensible a la longitud de tramo seleccionada. A medida que se incrementa la longitud del tramo, la dispersión en el valor de  $N_i$  tiende a disminuir, es decir que el valor de  $N_i$  se aproxima cada vez más a la media ( $N_m$ ).

En el límite, si se considera un tramo de longitud igual al camino en estudio, el valor de  $N_i$  coincidirá con el valor de  $N_m$ .

Esto lleva a que, para el mismo camino, con la misma distribución de accidentes y el mismo factor de mayoración (k), se detecte una mayor cantidad de tramos de concentración de accidentes si se fracciona en tramos de menor longitud.

La consistencia de los resultados de este método no está garantizada, dado que el límite inferior de frecuencias a partir del cual un tramo es considerado peligroso se obtiene a partir de la media de la muestra, en lugar de considerar el valor de la frecuencia con una probabilidad de ocurrencia dada. Esto implica que, para dos muestras con igual media y distinta dispersión, el método no detecta la misma cantidad de tramos de concentración de accidentes.

Admitiendo que la distribución de frecuencias puede ajustarse a una distribución normal, si para calcular el límite inferior de frecuencias a partir del cual un tramo es considerado peligroso, se toma un valor de frecuencia que con alto grado de seguridad “S” no se presenta habitualmente en la muestra, es decir, que la probabilidad que se den frecuencias de accidentes mayores a ésta es de  $1-S$ , siempre se tendrá el mismo nivel de confianza sobre los tramos detectados.

Exigiendo entonces que las frecuencias de accidentes de los tramos peligrosos sean mayores o iguales a la frecuencia elegida según su probabilidad de ocurrencia, siempre se estará evaluando la misma área de la campana de Gauss, con lo que se logran resultados consistentes. Para el cálculo de la frecuencia y la frecuencia media de accidentes, así como el desvío estándar se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$N_i = \frac{\text{Numero de accidentes en el tramo } i}{\text{Longitud del tramo } i} \quad (14)$$

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud de tramos homogéneos}} \quad (15)$$

$$N_\sigma = \sqrt{\frac{\sum (N_i - N_m)^2}{n-1}} \quad (16)$$

Donde:

$n$  = Es la cantidad de tramos considerados y  $N_\sigma$  es el desvío. Si se establece un grado de seguridad “S”, el valor límite de la frecuencia está dado por:

$$S = \Phi(K) \quad (17)$$

$$N_{lim} = k * N_\sigma + N_m \quad (18)$$

Donde  $\Phi$  es la función probabilidad acumulada y “k” se obtiene de la tabla N° 22 de la distribución Normal.

Un tramo será considerado tramo de concentración de accidentes cuando se cumpla que:

$$N_i \geq N_{lim} \quad (19)$$

o bien

$$N_i \geq k * N_\sigma + N_m \quad (20)$$

Cuadro N° 22. Nivel Confianza en función del valor de “k”

Nivel de confianza	Valor de k
0,999	3,575
0,995	3,077
0,95	1,645
0,90	1,282

Fuente: Identificación de tramos con concentración de accidentes en rutas nacionales de la provincia de Córdoba (Berardo, y otros, 2008, pág. 41).

Resulta entonces que aplicando un factor al desvío y adicionando el valor de la media para calcular el límite de aplicación del método, se asegura la consistencia en los resultados que estén distribuidos.

### **Características del método**

La identificación de los TCA por el método del número, presenta las siguientes características distintivas:

- Los resultados pueden ajustarse a partir del factor de mayoración  $k$ , esto permite una mayor flexibilidad en su aplicación y el análisis de los resultados.
- No requiere datos de tránsito, es decir que no tiene en cuenta la exposición al tránsito del tramo, por lo que solo es aplicable para tramos con volúmenes de tránsito semejantes. Por el mismo motivo, es independiente de la fiabilidad de los aforos de tránsito.
- La longitud de los tramos en los que se divide la vía bajo estudio debe mantenerse constante en todo el trayecto ya que es especialmente sensible a esta variable.
- No clasifica los accidentes según su severidad (accidente con daños, con víctimas o con muertos).
- La aplicación es casi intuitiva, y al depender de pocas variables, su interpretación es sencilla. Por tal motivo resulta una opción interesante para realizar estudios expeditivos de los problemas de seguridad de una vía especialmente cuando se carece de datos fidedignos de tránsito.
- Mientras se cuente con un registro de accidentes prolongado para un período más extenso de años, mayor será el grado de confiabilidad de los resultados.
- Los tramos peligrosos detectados presentan una cantidad significativa de accidentes.
- La consistencia de los resultados se logra aplicando algún criterio estadístico para determinar el valor límite de frecuencia a partir de la cual se considera peligroso el tramo.

#### **2.11.3.1.1. Pasos para la aplicación del método número o frecuencia de accidentes**

- Se comenzará determinando el número de accidentes con víctimas en los tramos de estudio por cada año.
- Se dividen los tramos de estudio en longitudes similares de preferencia de 1 km de longitud.
- Aplicando la formula se determinará el número de frecuencia de cada tramo para determinar el número de frecuencia medio.
- Se multiplicará el número de frecuencia medio por un coeficiente de mayoración  $K=2$  para aplicar el criterio de la media para la verificación de un tramo de concentración de accidentes.
- Luego con la ayuda de la desviación estándar del número de frecuencia y un coeficiente de confiabilidad de 1.282 utilizando el criterio del nivel de confianza se determinará si existe un tramo de concentración de accidentes TCA.

### 2.11.3.2. Método de la tasa de accidentes

Un análisis basado solo en el número de accidentes puede conducir a conclusiones equivocadas, sobre todo si a lo largo del camino existen variaciones considerables en los volúmenes de tránsito. A dos ubicaciones que registren el mismo número de accidentes, no debiera atribuírsele idéntica peligrosidad si una de ellas dobla a la otra en cuanto a volumen de tránsito se refiere.

El método de la tasa de accidentes considera la variable del volumen de tránsito para establecer la peligrosidad del tramo, por ello para aplicarlo, además de la ubicación y cantidad de accidentes del camino es necesario contar con los datos de volumen de tránsito.

Para el cálculo de la tasa de un tramo  $i$  cualquiera se calcula de la siguiente manera:

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TMDA} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del tramo}} * 10^6 \quad (21)$$

Donde:

$T_i$  = Tasa de accidentes de un tramo.

TPDA = Tráfico promedio diario anua

La tasa media del sistema se define con ( $T_m$ ) de igual manera que la tasa del tramo, pero considerando la sumatoria de los accidentes, el tránsito medio y la longitud total del camino en estudio.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del Camino}} * 10^6 \quad (22)$$

Donde:

$T_m$ =Tasa media de accidentes de todos los tramos.

TPDA=Tráfico promedio diario anual.

$\sum$ Accidentes: Sumatoria de accidentes de todo el año de estudio.

### **Identificación de tramos de concentración de accidentes**

Para definir un tramo de concentración de accidentes debe cumplirse que:

$$T_i = k * T_m \quad (23)$$

Con  $k \geq 1$

Donde  $k$  es un factor de mayoración que para aproximaciones iniciales se recomienda ajustarlo en 2.

El propósito principal del factor  $k$  es controlar la cantidad de tramos de concentración de accidentes que detecta el método. Si el valor de  $k$  es grande, la lista de tramos de concentración de accidentes es corta, mientras que, si el valor de  $k$  es pequeño, la lista será más larga.

### **Análisis del método**

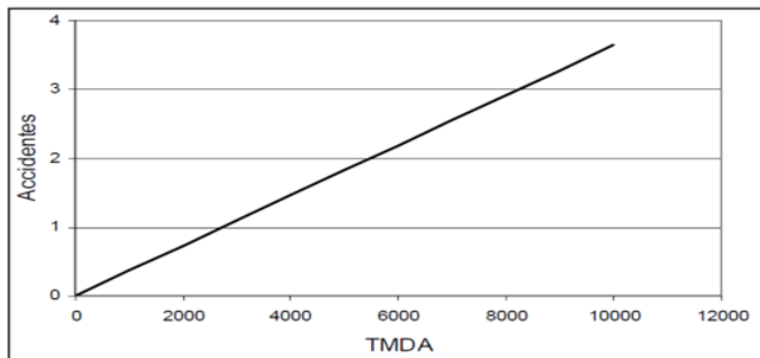
El método propone la linealidad entre el número de accidentes y el volumen de tránsito, esta relación puede verse en la figura N°26.

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TMDA} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Longitud del tramo}} * 10^6 \quad (24)$$

$$\text{Acc. en el tramo} = \frac{T_i * \text{TMDA} * \text{N de días} * \text{Longitud del tramo}}{10^6} \quad (25)$$

Luego, para una tasa  $T_i = \text{cte}$  y longitudes iguales y accidentes en el tramo =  $\text{TMDA} \cdot \text{cte}$

Figura N° 26. Relación entre el N° de accidentes y TMDA para tasa constante – método de la tasa



Fuente: identificación de tramos con concentración de accidentes en rutas nacionales de la provincia de Córdoba, (Berardo, y otros, 2008, pág. 46).

Para el cálculo del desvío estándar de la tasa media utilizamos la ecuación:

$$T_{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum(T_i - T_m)^2}{n-1}} \quad (26)$$

El valor límite de la tasa está dado por la ecuación

$$T_{\text{lim}} = k \cdot T_{\sigma} + T_m \quad (27)$$

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$T_i \geq T_{\text{lim}} \quad (28)$$

Esto significa que para bajos valores de tránsito pocos accidentes generarán una tasa elevada y viceversa. Entonces identificar sitios peligrosos basados exclusivamente en las tasas de accidentes puede ser engañoso si se trabaja con tránsitos bajos en algunos tramos y tránsitos muy altos en otros.

El método de la tasa es sensible a la longitud de tramo en la que se divide el camino en estudio.

Al igual que para el método del número, al incrementar la longitud de los tramos, disminuye la dispersión de la muestra, por ello los valores de la  $T_i$  se aproximan cada vez

más al valor de la tasa media, con lo cual, para un mismo camino, con la misma distribución de accidentes y tránsitos, y el mismo factor de mayoración, el método identifica mayor cantidad de TCA en el estudio en el que se dividió el camino en tramos de menor longitud.

### **Consistencia de los resultados**

Dada la similitud en cuanto a los criterios de detección del presente método con respecto al de la frecuencia, valen las mismas consideraciones hechas para aquel.

Se recomienda aplicar algún criterio estadístico (en este trabajo se aplica la distribución normal) para establecer el límite de detección del método, con esto se persigue lograr una mayor consistencia de los resultados obtenidos mediante esta técnica.

### **Características del método**

La identificación de los TCA por el método de la tasa de accidentes, presenta las siguientes características distintivas:

- Los resultados pueden ajustarse a partir del factor de mayoración  $k$ , esto permite una mayor flexibilidad en su aplicación y el análisis de los resultados.
- La longitud de los tramos en los que se divide el camino bajo estudio debe mantenerse constante en todo el camino, ya que es especialmente sensible a esta variable.
- No discrimina los accidentes según su severidad (accidente con daños, con víctimas, con muertos).
- Su aplicación presenta mayor complejidad que en el caso del método del número, sin embargo, cuando se poseen datos confiables de volúmenes de tránsito y un adecuado registro de accidentes, su aplicación se traduce usualmente en resultados más satisfactorios.
- No exige que el registro de accidentes se prolongue un determinado período de tiempo, sin embargo, a medida que se cuente con un período más extenso de datos, mayor será el grado de confiabilidad de los resultados.
- Propone la linealidad entre la cantidad de accidentes y la cantidad de vehículos que transitan el tramo. Otros métodos aumentan las exigencias de seguridad a medida

que se incrementa el tránsito, es decir, consideran que las vías de mayor categoría deben tener estándares de seguridad superiores.

- La consistencia de los resultados se logra aplicando algún criterio estadístico para determinar el valor límite de Tasa a partir de la cual se considera peligroso el tramo.

#### **2.11.3.2.1. Pasos para la aplicación del método de la tasa de accidentes**

- Se comenzará determinando el número de accidentes con víctimas en los tramos de estudio por cada año.
- Se dividen los tramos de estudio en longitudes similares de preferencia de 1 km de longitud.
- Se procederá a obtener mediante un aforo de volumen a través de un recuento automático el tráfico promedio diario anual TPDA.
- Aplicando la fórmula se determinará tasa de accidentes de cada tramo para determinar la tasa de accidentes media.
- Se multiplicará la tasa de accidentes media por un coeficiente de mayoración  $K=2$  para aplicar el criterio de la media para la verificación de un tramo de concentración de accidentes TCA.
- Luego con la ayuda de la desviación estándar de la tasa de accidentes y un coeficiente de confiabilidad de 1.282 utilizando el criterio del nivel de confianza se determinará si existe un tramo de concentración de accidentes TCA.

#### **2.11.3.3. Método del número – tasa**

Para el método del número-tasa se puede aplicar a todos los sistemas de calles ya sea urbano o rural, cualquiera sea su magnitud o variación de los volúmenes de tránsito.

Para identificar lugares peligrosos, es importante asegurar que la ocurrencia de accidentes en los lugares definidos como tales, sea en realidad anormalmente alta. Uno de los riesgos que se corre al confiar solo en números y tasas de accidentes es que las cifras pueden conducir a errores de detección cuando volúmenes de tránsito varían a lo largo de una amplia gama de valores.



Para un lugar con un número elevado de accidentes, o de accidentes por kilómetro, puede a priori parecer peligroso, sin embargo, si el volumen de tránsito del tramo es excepcionalmente grande, la tasa de accidentes puede no ser anormal y por lo tanto el lugar no es tan peligroso como aparenta.

Este método se basa en el concepto de que, si tanto el número y la tasa de accidentes de un lugar superan en mucho al promedio, se puede tener una razonable certeza de estar ante un registro anormal de accidentes.

Los requerimientos de datos básicos para la aplicación del método comprenden:

- Período de tiempo.
- Ubicación de los accidentes.
- Volúmenes de tránsito.
- Categoría de caminos.

### **Identificación de tramos peligrosos.**

El método define como lugar peligroso, a aquellos tramos cuya ocurrencia de eventos sea considerablemente mayor que la media, es decir que todos los sitios cuyos números y tasas de accidentes superen (ambos) a los valores límite, serán considerados lugares peligrosos.

Luego se tiene que:

Para calcular la frecuencia de accidentes por kilómetro se procede de la siguiente manera:

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{Longitud del tramo } i} \quad (29)$$

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud de tramos homogéneos}} \quad (30)$$

De donde:

$N_i$  = Frecuencia de accidentes de un tramo.

$N_m$  = Frecuencia media de accidentes.

La tasa de accidentes de un tramo  $i$  cualquiera se calcula de la siguiente manera:

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TMDA} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Longitud del tramo}} * 10^6 \quad (31)$$

Donde:

$T_i$ =Tasa de accidentes de un tramo.

TPDA=Tráfico promedio diario anual.

Se define la tasa media del sistema de igual manera que la tasa del tramo, pero considerando la sumatoria de los accidentes, el tránsito medio y la longitud total del camino en estudio.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del Camino}} * 10^6 \quad (32)$$

Donde:

$T_m$ =Tasa media de accidentes de todos los tramos.

TPDA=Trafico promedio diario anual.

$\sum$ Accidentes: Sumatoria de accidentes de todo el año de estudio.

El método del número-tasa considera que un tramo es peligroso cuando:

$$N_i \geq k_N * N_m \wedge T_i \geq k_T * T_n \quad (33)$$

### **Análisis del método**

El método exige el cumplimiento simultáneo de las condiciones del método del número de accidentes y de la tasa de accidentes. Esta doble exigencia reduce el número de ubicaciones en las que verifica el método, además asegura que el tramo peligroso exhiba una cantidad anormal de accidentes (especialmente cuando éste presenta una baja exposición al tránsito).

### **Sensibilidad a los factores de mayoración**

Como en los métodos del número y la tasa, el factor de mayoración establece a partir de qué desvío con respecto al promedio verifique cada condición.

Se recomienda establecer inicialmente el valor de  $k_N$  y  $k_T$  en 2.

A medida que se incrementa el valor de  $k$ , el método detecta una menor cantidad de TCA, ocurre lo contrario si  $k$  disminuye. Los factores de mayoración ( $k$ ) son independientes (para el número y para la tasa).

### **Sensibilidad a la longitud del tramo elegida**

Como se ha mencionado anteriormente, tanto el método del número, como el de la tasa son especialmente sensibles a la longitud elegida del tramo. Dado que ambos métodos condicionan la detección del TCA a un desvío de sus  $N_i$  o  $T_i$  con respecto a sus valores medios ( $N_m$  y  $T_m$ ), y considerando que a medida que se incrementa la longitud de los tramos, los valores de  $N_i$  y  $T_i$  presentan una menor desviación, es decir que el método presenta una menor sensibilidad a medida que la longitud del tramo aumenta.

### **Sensibilidad a la variación de los volúmenes de tránsito**

Para la condición  $T_i \geq k_T * T_m$ , el método propone una relación lineal entre el número de accidentes y el volumen de vehículos-kilómetro, mientras que la condición  $N_i \geq k_N * N_m$  es independiente del volumen de vehículos del tramo.

Aplicado en un camino con amplias variaciones en los volúmenes de tránsito, y suponiendo la variación lineal de los accidentes con el tránsito, la condición  $N_i \geq k_N * N_m$  tenderá a no verificar para tránsitos bajos. Lo que persigue el método es identificar como peligrosas a aquellas ubicaciones en la que tanto la cantidad como la tasa de accidentes sean anormalmente superiores a las del sistema, logrando eliminar de la lista de lugares peligrosos a tramos con altas tasas y pocos accidentes (o sea bajo tránsito).

### **Consistencia de los resultados**

Dado que el método del número-tasa o frecuencia-tasa es la combinación de los dos descritos anteriormente, la consistencia de sus resultados depende del criterio adoptado para establecer el límite de detección en cada uno de ellos.

### **Características del método**

La identificación de los TCA por el método del número-tasa de accidentes, presenta las siguientes características distintivas:

- Los resultados pueden ajustarse a partir de los factores de mayoración  $kN$  y  $kT$ , esto permite una mayor flexibilidad en su aplicación y el análisis de los resultados.
- Requiere datos de tránsito, por lo que es aplicable para tramos con volúmenes de tránsito diferentes. Por el mismo motivo, los resultados se ven afectados por la fiabilidad de los aforos de tránsito.
- Pretende no detectar tramos peligrosos cuando debido a la amplia gama de volúmenes de tránsito (y cantidad de accidentes), el valor  $N_i$  de tramos con bajo tránsito no verifique la condición  $N_i \geq kN * Nm$ . Es decir que pretende un número mínimo de accidentes en un tramo peligroso.
- La longitud de los tramos en los que se divide el camino bajo estudio debe mantenerse constante en todo el camino, ya que es especialmente sensible a esta variable.
- No discrimina los accidentes según su severidad (accidente con daños, con víctimas, con muertos).
- Su aplicación no presenta mayor complejidad que en el caso del método de la tasa, sin embargo, cuando se poseen datos confiables de volúmenes de tránsito y un adecuado registro de accidentes, su aplicación se traduce usualmente en resultados más satisfactorios.
- No exige que el registro de accidentes se prolongue un determinado período de tiempo, sin embargo, a medida que se cuente con un período más extenso de datos, mayor será el grado de confiabilidad de los resultados.

#### **2.11.3.3.1. Pasos para la aplicación del método número – tasa**

- Recopilar los datos de tránsito, sobre el número o cantidad de accidentes registrados en todo el tramo en estudio.
- Determinar un periodo de tiempo de aforo para obtener el TMDA.
- Identificar los lugares exactos donde se registraron los accidentes.

- Dividir la carretera en estudio en tramos de 1 kilómetro para calcular la frecuencia de accidentes por kilómetro y sumar la cantidad de accidentes en dicho sub tramo.
- Calcular la frecuencia de accidentes del tramo en estudio.
- Sumar la cantidad del número de accidentes en tramos homogéneos y sumar la longitud de tramos homogéneos.
- Calcular la tasa de accidentes de un tramo estudiado, con la ayuda del número de accidentes en el tramo, TMDA, número de días y la longitud del tramo en estudio.
- Calcular la tasa media de accidentes de todos los tramos con la ayuda de la sumatoria de accidentes en el sub tramo, TMDA medio, número de días de aforo y la longitud de la carretera.
- Verificar si los sub tramos en estudio mediante el método del número-tasa son considerados peligroso o TCA.

#### 2.11.3.4. Método del control de calidad de la tasa

El Método de Control de Calidad de la Tasa, que es aplicable a toda la gama de volúmenes de tránsito y a los distintos tipos de vía, debe su nombre a que controla la calidad de los análisis aplicando “tests” estadísticos para determinar si la tasa de accidentes de un lugar en particular es inusual, con relación a una tasa media predeterminada correspondiente a lugares de características similares. Los “tests” que se aplican se basan en la hipótesis comúnmente aceptada que supone el ajuste de los accidentes a la distribución de Poisson, entonces se tiene que:

$$P(n) = \frac{e^{-\lambda m} * (\lambda m)^n}{n!} \quad (34)$$

donde:

P(n)= Probabilidad de que ocurran n accidentes en un sitio dado durante un período de tiempo determinado

$\Lambda$ = Tasa de accidentes esperada (en accidentes por MVK)

m= Cantidad de tránsito en el lugar durante el período de análisis, (en MVK).

El objetivo del método es encontrar dentro de esta distribución aquel valor de “n” para el cual la probabilidad de ocurrencia es particularmente baja (menor al 5%), buscando con ello que los tramos detectados como peligrosos no sean producto del azar, sino de un defecto importante en la vía que contribuya a la inusual concentración de accidentes. Para su aplicación práctica debe establecerse un límite superior de control de la probabilidad de ocurrencia de accidentes, es decir la probabilidad de que un tramo registre mayor o igual cantidad de siniestros que el valor de control, esto puede calcularse como sigue:

$$P(X \geq U) = P \quad (35)$$

donde:

X=Número observado de accidentes

U=Límite superior de control

P= Probabilidad límite predefinida

El límite crítico, o límite superior de control puede ser calculado a partir de las tablas para la distribución de Poisson, sin embargo, esto resulta trabajoso y poco práctico. En la práctica, el límite crítico del sistema se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$P = \lambda + k * \sqrt{\frac{\lambda}{m} + \frac{0.5}{m}} \quad (36)$$

El criterio adoptado para establecer la peligrosidad de un lugar, se basa en calcular para cada tramo en estudio, una tasa de accidentes crítica. Aquellos tramos cuyas tasas superen a la crítica, serán considerados TCA. La tasa crítica se determina estadísticamente, en función de la tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto, correspondiente a la categoría de vía, y el tránsito del lugar en estudio y se calcula de la siguiente manera:

$$T_{c_i} = T_m + k * \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}} \quad (37)$$

Los primeros dos elementos de la ecuación resultan de la aproximación Normal a la ecuación de Poisson, mientras que el tercer elemento sirve como factor de corrección ya que la distr. de Poisson es discreta mientras que la normal es continua.

Donde:

Tci= Tasa crítica de accidentes para el tramo i, en millón de veh – km (MVK)

Tm= Tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto, correspondiente a la categoría de la vía en estudio, expresada en MVK.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del Camino}} * 10^6 \quad (38)$$

ti: Cantidad de tránsito en el lugar durante el período de análisis, expresado en MVK

$$t_i = \frac{\text{TMDA}_i * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del Tramo}_i}{10^6} \quad (39)$$

K=Constante que determina el nivel de confianza en que las tasas de accidentes superiores a la tasa crítica no son producto del azar.

En cuanto al valor de k, se considera deseable un nivel de confianza del 95%, que se consigue con un valor de k igual a 1,645. En la práctica, sin embargo, se sugiere utilizar un valor inicial de k igual a 1,5. Valores menores de k, conducirán a la detección de mayor cantidad de TCA con un menor nivel de confianza, por el contrario, valores altos de k se traducen en una menor detección de TCA, pero de un nivel de confianza superior.

El cuadro N°23 transcribe el nivel de confianza del método para diferentes valores de k.

Cuadro N° 23 Nivel de Confianza en función del valor de K–Método del control de la tasa

Nivel de confianza	Valor de k
0,999	3,090
0,995	3,576
0,95	1,645
0,90	1,282

Fuente: identificación de tramos con concentración de accidentes en rutas nacionales de la provincia de Córdoba. (Berardo, y otros, 2008, pág. 55).

El método considera peligroso a aquel tramo cuya tasa de accidentes sea mayor o igual que la tasa crítica del sistema.

Entonces, existe un TCA solo si:

$$T_i \geq T_c$$

Con

$$T_i = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{TMDA} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del tramo}} * 10^6 \quad (40)$$

### Análisis del método

Las variables que participan en el cálculo de la tasa crítica del tramo  $T_{ci}$  son la tasa media de accidentes del sistema  $T_m$  y el tránsito del tramo a evaluar  $t_i$ .

Admitiendo que para cualquier tramo de un camino de la red el valor de la tasa media del sistema se mantiene constante, el cálculo de la tasa crítica del sistema depende solo de la variable  $t_i$ , luego si a todos los tramos se les asigna la misma longitud, la tasa crítica será función solo del tránsito del tramo.

$$t_i = \frac{\text{TPDA} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Longitud del tramo}_i}{10^6} \quad (41)$$

Entonces:

$$T_{Ci} \rightarrow f(\text{TPDA}) \quad (42)$$

Siendo:

$$T_{Ci} = T_m + k * \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}} \quad (43)$$

Resulta evidente que el valor de  $T_c$  depende de una función con la forma siguiente.

$$T_c = \frac{1}{2t} + \frac{1}{\sqrt{t}} + \text{cte} \quad (44)$$

Entonces, en el límite para un valor de  $t_i$  que tiende a cero, la tasa crítica tiende a infinito, mientras que para valores de  $t_i$  que tienden a infinito, el valor de  $T_{Ci}$  tiende al valor de la constante, es decir la tasa media del sistema.



Esto significa que, para tránsitos bajos, la tasa crítica será alta, mientras que, para tránsitos altos, la tasa crítica se aproximará a la tasa media del sistema. Recordando que:

Entonces existe un TCA solo si:

$$T_i \geq T_{Ci} = TCA \quad (45)$$

$$T_i = \frac{\text{Número de Accidentes}}{\text{TPDA} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Longitud del Camino}} * 10^6 \quad (46)$$

$$T_i = \frac{\text{Numero de Accidentes}}{t_i} \quad (47)$$

Siendo:

$$T_{Ci} = T_m + k * \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}} \quad (48)$$

Simplificando se llega que un tramo será TCA solo si:

$$\text{Número de accidentes} \geq T_m * t_i + k * \sqrt{T_m * t_i} + 0.5 \quad (49)$$

Considerando válida la hipótesis de que la tasa media del sistema puede ser tomada como una constante, y admitiendo que todos los tramos poseen la misma longitud, el límite de detección del método.

### **Consistencia de los resultados**

El método aplica un control estadístico sobre los valores de las tasas de cada tramo, este control estadístico asume que la distribución de accidentes se ajusta al modelo de Poisson, por lo que se requiere que la varianza de la muestra sea igual a la media. Esta restricción hace que el método sea criticado, ya que en general, las muestras de accidentes presentan una dispersión importante siendo la varianza significativamente mayor que la media.

Dado el caso en que la muestra de accidentes presente una dispersión importante, el método del control de calidad de la tasa a través del modelo de Poisson presentará resultados consistentes.

### **Características del método**

La identificación de los TCA por el método del control de calidad de la tasa de accidentes, presenta las siguientes características distintivas:

- Asume que los datos de accidentes se ajustan a través de una distribución de Poisson, a partir de la cual se aplican test estadísticos para detectar tramos, en los que la vía sea con cierto grado de certeza un factor importante en la ocurrencia de accidentes.
- Esta técnica requiere el cálculo de la tasa media de accidentes del sistema por categorías, esto si bien tiene un fundamento estadístico, resulta en la necesidad de datos de accidentes de caminos similares en la red vial, los que muchas veces no existen.
- Dado que se utiliza la distribución de Poisson en el ajuste de los datos, estos deben presentar una varianza igual a la media. Si la muestra es muy dispersa, es decir que la varianza sea sensiblemente mayor a la media, los resultados pierden consistencia.
- Para tránsitos bajos, exige altas tasas de accidentes para compensar la baja exposición al tránsito.
- Es especialmente sensible a los valores de tránsito utilizados, ya que, si se considera constante a la tasa media del sistema, la única variable es el tránsito del tramo.

(IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS CON CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES EN RUTAS NACIONALES DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA REPÚBLICA ARGENTINA, Ings. BERARDO, María Graciela; BARUZZI, Alejandro; VANOLI, Gustavo; FREIRE, Rodolfo; TARTABINI, Mauro; DAPÁS, Oscar)

**CAPÍTULO III**

**APLICACIÓN PRÁCTICA DE**

**LOS MÉTODOS PARA**

**DETERMINAR SI UN TRAMO**

**ES CONSIDERADO TCA**

## **CAPÍTULO III**

### **APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS MÉTODOS PARA DETERMINAR SI UN TRAMO SELECCIONADO ES CONSIDERADO TCA**

No es fácil determinar el efecto que el trazado tiene en la siniestralidad, dada la gran diversidad de factores que influyen en la seguridad de la circulación y la falta de datos sistematizados de accidentes. Se aplicará los métodos descritos sobre casos reales, con el objeto de obtener resultados prácticos para el análisis teórico y así poder comparar los resultados de cada método.

Es habitual que las carreteras estén diseñadas conforme la reglamentación vigente, pero esto no garantiza que se trate de carreteras seguras. Hay muchos aspectos de la infraestructura vial que pueden contribuir a la producción de accidentes, sin ser objeto de norma alguna. Entonces la única forma de medir la seguridad de la circulación por una vía es a través de la frecuencia y la gravedad de los accidentes.

Para determinar si un tramo es considerado TCA influyen varios aspectos como ser: la seguridad vial, metodologías ya descritas para la determinación del TCA, estudio de los dispositivos de control de una carretera y la inspección visual de los lugares donde hay más concentración de accidentes. Todos estos factores estudiados y descritos anteriormente nos darán los resultados de los tramos considerados TCA y establecer las posibles causas de los accidentes de tránsito.

#### **3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA TARIJA – EL PUENTE**

##### **3.1.1. Ubicación**

##### **3.1.2. Ubicación política**

Departamento: Tarija.

Provincia: Méndez.

Lugar del estudio: Cruce San Lorenzo (Tarija) – El Puente.

##### **3.1.2. Ubicación Geográfica**

La zona de estudio se ubica al norte del departamento de Tarija, comprendida en las siguientes coordenadas geográficas.

### San Lorenzo

Latitud: -21.436711 S.

Longitud: -64.752105 O.

Altitud: 1996 m.s.n.m.

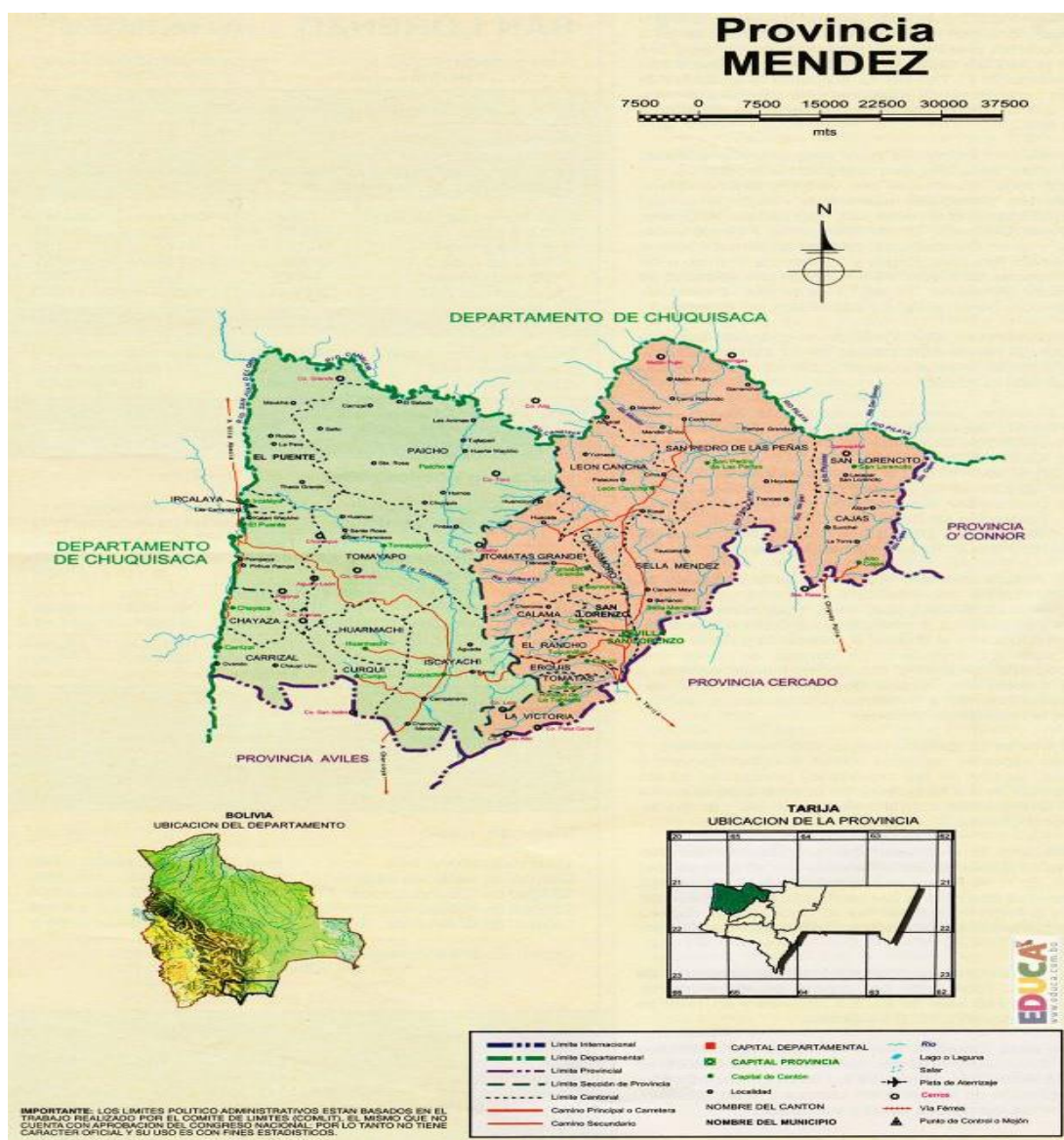
### El Puente

Latitud: -21.238848 S.

Longitud: -65.206536 O.

Altitud: 2336 m.s.n.m.

Figura N° 27. Ubicación geográfica de la ruta en estudio



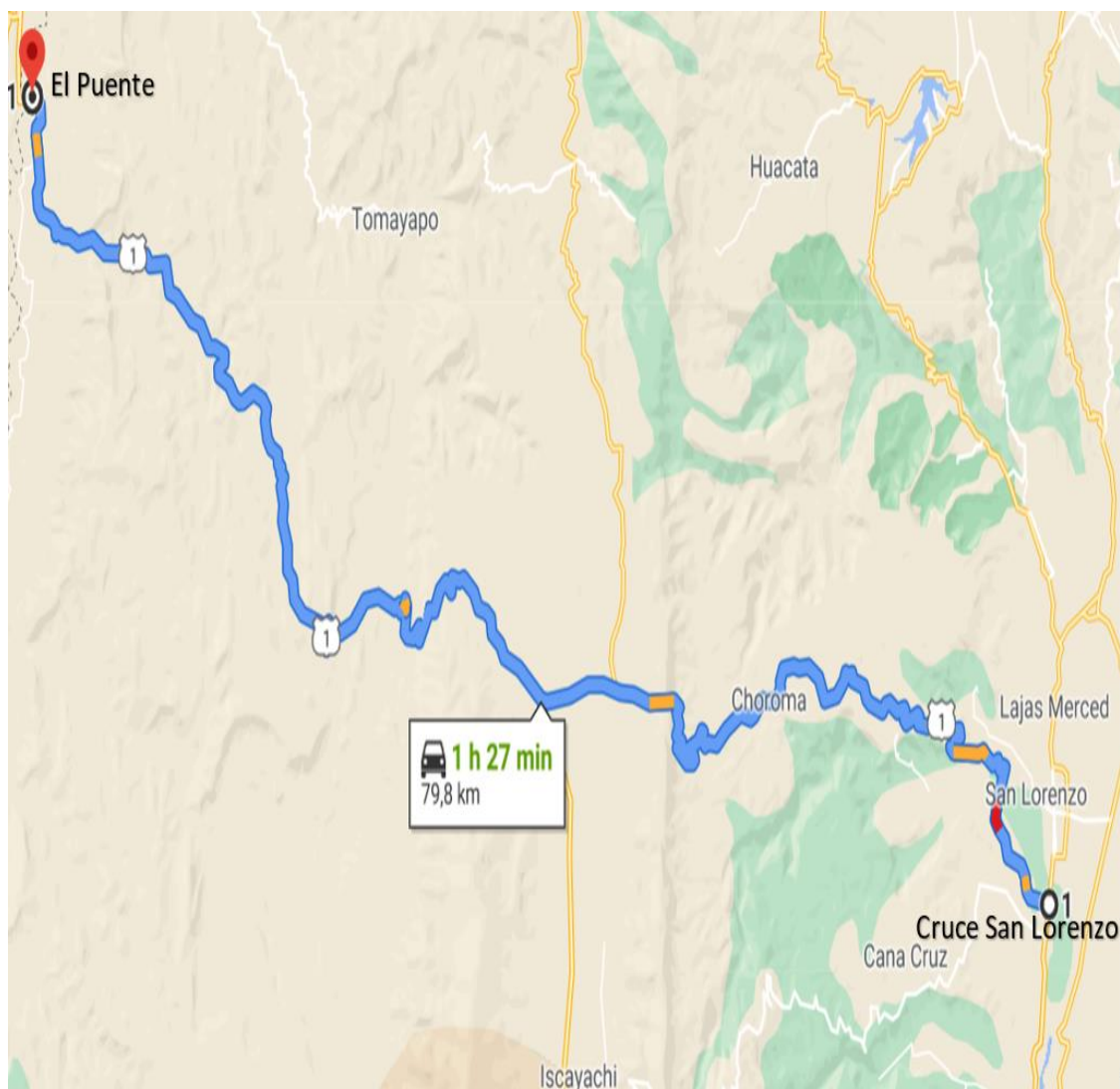
Fuente <http://www.educa.com.bo/geografia/provincia-aniceto-arce-mapa>.

### 3.2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA CARRETERA

La carretera del presente estudio forma parte de la red principal que une la ciudad de Tarija con su provincia El Puente, además con el departamento de Chuquisaca y Potosí.

La carretera está compuesta por dos carriles en su calzada, tiene una capa de rodadura de pavimento flexible y tiene una longitud total de 79.8 km. El punto de inicio para el estudio se encuentra en el cruce de San Lorenzo con la carretera a Potosí y el punto final se encuentra en el municipio de El Puente, en el puente del mismo nombre que separa los departamentos de Tarija con Chuquisaca, como se muestra en la Figura N° 29

Figura N° 28. Carretera estudiada Tarija – El Puente



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. RECOPIACIÓN DE DATOS Y PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Para determinar si un tramo es considerado tramo de concentración de accidentes se debe disponer de datos como los volúmenes de tráfico, un registro de accidentes ocurridos en toda la carretera de estudio, cantidad de víctimas en los accidentes con disponibilidad de 5 años para una mejor adaptación de los métodos a utilizar en dicho estudio, pero no se dispone de una base de datos con esa cantidad de años, se obtuvieron datos de 3 años, además de una inspección de todas las señales verticales y dispositivos de seguridad encontrados en los tramos considerados tramos de concentración de accidentes en la carretera Tarija – El Puente.

#### 3.3.1. Cálculo de los volúmenes de tráfico en la carretera de estudio

Los volúmenes de tráfico se obtuvieron mediante aforos de 24 horas, por una semana completa en 3 tramos divididos de la carretera en estudio, para obtener valores confiables del TMDS (tráfico medio diario semanal) y así encontrar el TMDA (tráfico medio diario anual). (Ver Detalle de cálculo ANEXO II) En la Tabla N° 31. se detalla el TPDS y TPDA de los 3 tramos de la Carretera.

Cuadro N° 24. Tráfico medio diario anual

Tramo	Tráfico medio diario semanal (veh/día)	Tráfico medio diario anual (veh/día)
1	1248	1338
2	786	827
3	757	813

Fuente: Elaboración propia.

Para el aforo de los vehículos que transitan por la carretera en estudio se los dividió en:

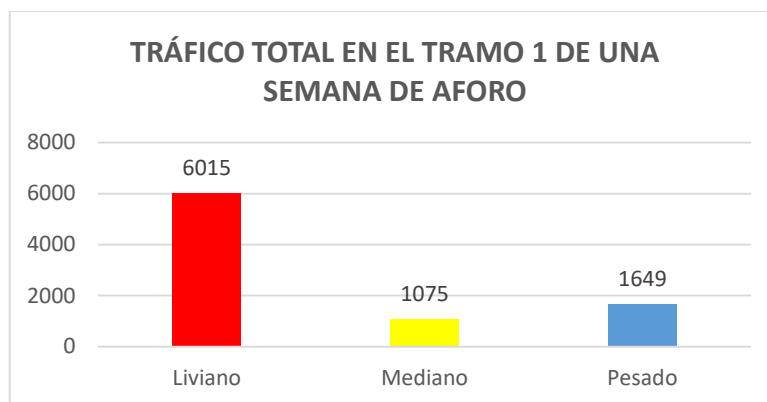
Livianos: Automóvil, camioneta, vagoneta, 4x4, minivan.

Medianos: Nissan cóndor, micro, camiones pequeños (hasta 2 toneladas, 2 ejes pequeños).

Pesados: 2 ejes, 3 ejes, más de 3 ejes, flotas, tráiler.

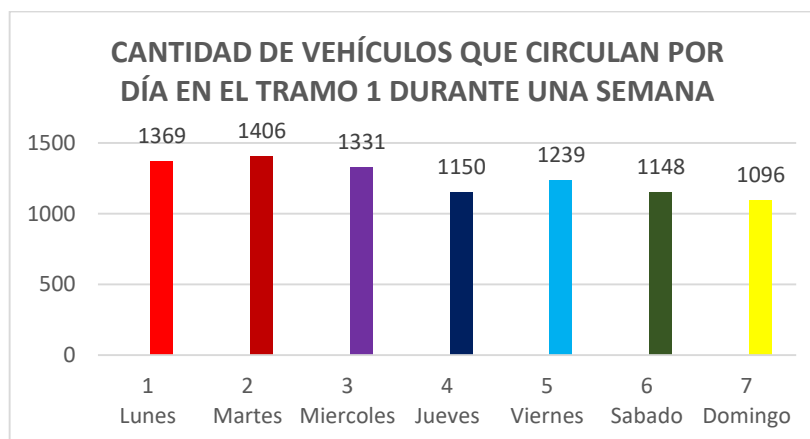
Las siguientes figuras muestran la cantidad de vehículos que circulan por cada tramo en estudio, durante una semana de aforo, diferencia vehículos livianos, medianos y pesados.

Figura N° 29. Tráfico de vehículos en ambos sentidos del tramo 1



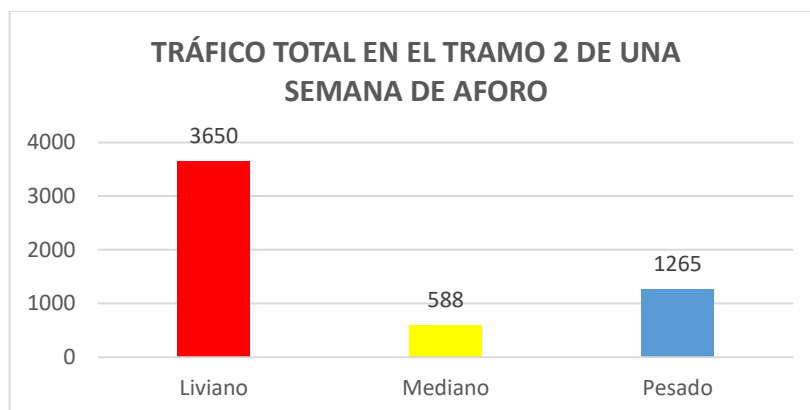
Fuente: Elaboracion propia.

Figura N° 30. Tráfico diario de vehículos en ambos sentidos, del tramo 1



Fuente: Elaboración propia.

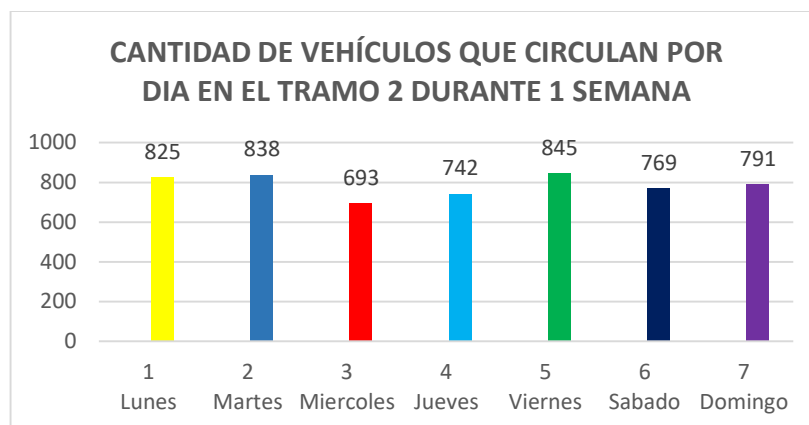
Figura N° 31. Tráfico de vehículos en ambos sentidos del tramo 2



Fuente: Elaboración propia.

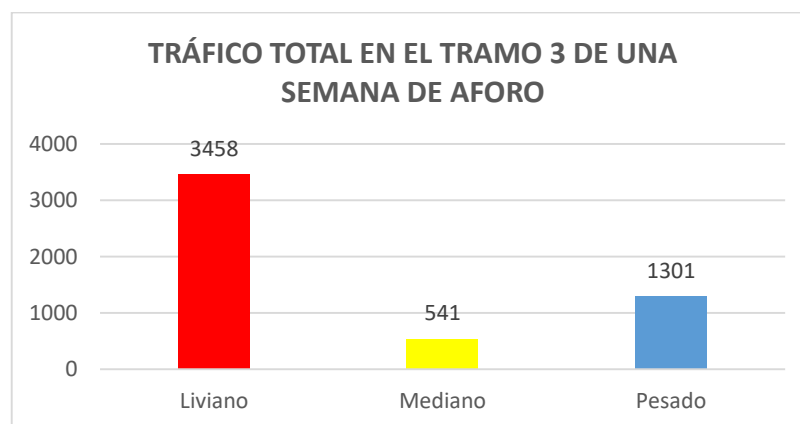


Figura N° 32. Tráfico diario de vehículos en ambos sentidos, del tramo 2



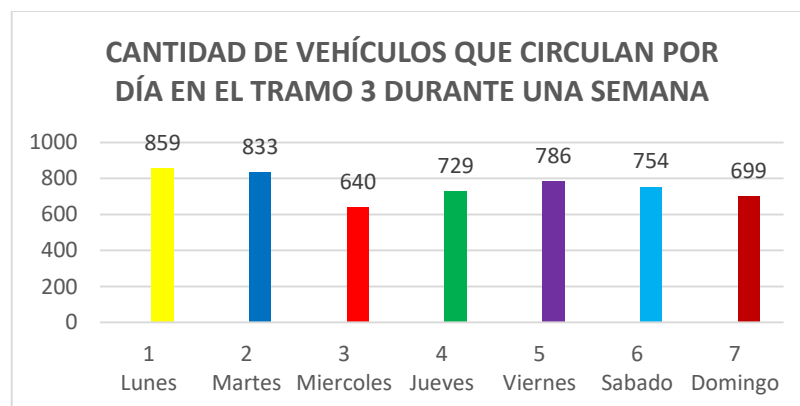
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 33. Tráfico de vehículos en ambos sentidos del tramo 3



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 34. Tráfico diario de vehículos en ambos sentidos, del tramo 2



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. Cálculo de la velocidad promedio de recorrido de los vehículos en los posibles TCA (tramos de concentración de accidentes), en la carretera Tarija – El Puente

Las velocidades promedio de recorrido en los posibles tramos TCA, se determinó mediante aforos realizados en horas pico de acuerdo a resultados de flujo vehicular, determinando la velocidad media de los vehículos diferenciando la velocidad de norte a sur y de sur a norte, también diferenciando el tipo de vehículos livianos, medianos y pesados para un mejor análisis, para una velocidad media de la carretera se tendrá en cuenta la velocidad de circulación según el código de tránsito y la norma de la administradora boliviana de carreteras, (ver detalle de cálculo en ANEXO III). En el cuadro N° 25 se detalla la velocidad media de recorrido para los posibles T.C.A.

Cuadro N° 25. Velocidades promedio en los posibles TCA

<b>Velocidades promedio</b>			
<b>T.C.A. 1</b>	<b>Velocidad</b>	<b>T.C.A. 3</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Norte - sur</b>	<b>(km/h)</b>	<b>Norte - sur</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	26.9614	Liviano	40.3489
Mediano	24.1347	Mediano	34.6596
Pesado	20.7431	Pesado	25.9476
<b>T.C.A. 1</b>	<b>Velocidad</b>	<b>T.C.A. 3</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Sur - norte</b>	<b>(km/h)</b>	<b>Sur - norte</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	36.7130	Liviano	44.2165
Mediano	31.6799	Mediano	32.3576
Pesado	27.3080	Pesado	20.9705
<b>T.C.A. 2</b>	<b>Velocidad</b>	<b>T.C.A. 4</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Norte - sur</b>	<b>(km/h)</b>	<b>Norte - sur</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	52.9693	Liviano	55.1464
Mediano	46.8128	Mediano	39.3305
Pesado	25.8248	Pesado	36.6368
<b>T.C.A. 2</b>	<b>Velocidad</b>	<b>T.C.A. 4</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Sur - norte</b>	<b>(km/h)</b>	<b>Sur - norte</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	42.0291	Liviano	50.4815
Mediano	26.0079	Mediano	37.7748
Pesado	22.3362	Pesado	33.0419

Fuente: Elaboración propia.

Velocidad de diseño de la carretera Tarija – El Puente y según código de tránsito= 50km/h.

Cuadro N° 26 Velocidades y excesos de velocidad en los tramos de estudio

<b>T.C.A. 1</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Excede</b>
<b>Norte – sur</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>No excede</b>
Liviano	26.961	50	No excede
Mediano	24.135	50	No excede
Pesado	20.743	50	No excede
<b>T.C.A. 1</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Excede</b>
<b>Sur - norte</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>No excede</b>
Liviano	36.713	50	No excede
Mediano	31.679	50	No excede
Pesado	27.308	50	No excede
<b>T.C.A. 2</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Excede</b>
<b>Norte - sur</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>No excede</b>
Liviano	52.969	50	Excede
Mediano	46.813	50	No excede
Pesado	25.825	50	No excede
<b>T.C.A. 2</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Excede</b>
<b>Sur - norte</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>No excede</b>
Liviano	42.029	50	No excede
Mediano	26.008	50	No excede
Pesado	22.336	50	No excede
<b>T.C.A. 3</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Excede</b>
<b>Norte - sur</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>No excede</b>
Liviano	40.349	50	No excede
Mediano	34.659	50	No excede
Pesado	25.948	50	No excede
<b>T.C.A. 3</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Excede</b>
<b>Sur – norte</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>No excede</b>
Liviano	44.217	50	No excede
Mediano	32.358	50	No excede
Pesado	20.971	50	No excede
<b>T.C.A. 4</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Excede</b>
<b>Norte - sur</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>No excede</b>
Liviano	55.146	50	Excede
Mediano	39.331	50	No excede
Pesado	36.637	50	No excede
<b>T.C.A. 4</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Excede</b>
<b>Sur – norte</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>No excede</b>
Liviano	50.482	50	Excede
Mediano	37.775	50	No excede
Pesado	33.042	50	No excede

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 27 Porcentaje de vehículos que excedieron la velocidad permitida

<b>T.C.A. 1</b>	<b>Vehículos en exceso de velocidad</b>	<b>Vehículos en velocidad permitida</b>
<b>Norte - sur</b>	(%)	(%)
Liviano	27.273	72.7273
Mediano	0	100.000
Pesado	0	100.000
<b>T.C.A. 1</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>
<b>Sur - norte</b>	(%)	(%)
Liviano	0	100.000
Mediano	0	100.000
Pesado	0	100.000
<b>T.C.A. 2</b>	<b>Vehículos en exceso de velocidad</b>	<b>Vehículos en velocidad permitida</b>
<b>Norte - sur</b>	(%)	(%)
Liviano	60.000	40.000
Mediano	16.667	83.333
Pesado	0	100.000
<b>T.C.A. 2</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>
<b>Sur - norte</b>	(%)	(%)
Liviano	1.818	98.182
Mediano	0	100.000
Pesado	0	100.000
<b>T.C.A. 3</b>	<b>Vehículos en exceso de velocidad</b>	<b>Vehículos en velocidad permitida</b>
<b>Norte - sur</b>	(%)	(%)
Liviano	0	100.000
Mediano	0	100.000
Pesado	0	100.000
<b>T.C.A. 3</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>
<b>Sur - norte</b>	(%)	(%)
Liviano	2.727	97.2727
Mediano	0	100.000
Pesado	0	100.000
<b>T.C.A. 4</b>	<b>Vehículos en exceso de velocidad</b>	<b>Vehículos en velocidad permitida</b>
<b>Norte - sur</b>	(%)	(%)
Liviano	14.545	85.455
Mediano	16.667	83.333
Pesado	0	100.000
<b>T.C.A. 4</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>
<b>Sur - norte</b>	(%)	(%)
Liviano	50.000	50.000
Mediano	12.500	87.500
Pesado	0	100.000

Fuente: Elaboración propia.

### **3.3.3. Registro de datos de accidentes de tránsito**

Los registros de accidentes de tránsito se obtuvieron de la base de datos del tránsito de San Lorenzo, quien está a cargo de toda la Provincia Méndez del departamento de Tarija.

Se solicitó el registro de accidentes de tránsito de por lo menos 5 gestiones pasadas (2017,2018,2019,2020,2021).

De estos se tomó los más relevantes, donde más se presentaban accidentes y se los dividió en 4 puntos de máximo registro de accidentes de tránsito de la carretera en estudio. (Ver ANEXO I).

Estos tramos seleccionados con mayor cantidad de accidentes serán considerados tramo de concentración de accidentes TCA

### **3.3.4. Identificación de tramos de concentración de accidentes**

Para la realización de cada uno de los métodos de identificación de tramos de concentración de accidentes se tomaron 4 posibles tramos de longitud de 1 km, y que presentaban la mayor cantidad de accidentes en los 5 años de estudio.

Cuadro N° 28. Posibles TCA de la carretera Tarija – El Puente

Cantidad, lugar y fecha de los accidentes de tránsito en los 5 años de estudio				
N° de accidente	Referencia	Fecha del hecho	Zona del hecho	Gps latitud - longitud
	<b>TCA 1</b>			
1	I-17	1/2/2017	Comunidad de Rancho Norte	-21.436783, -64.752107
2	IX-17	6/22/2017	Comunidad de Rancho Norte	-21.436783, -64.752107
3	XV-17	12/25/2017	Comunidad de Rancho Norte	-21.436783, -64.752107
4	XVII-18	12/24/2018	Comunidad de Rancho Norte	-21.436720, -64.752136
5	X-19	6/19/2019	Comunidad de Rancho Norte	-21.436783, -64.752107
6	XI-19	6/25/2019	Comunidad de Rancho Norte	-21.436586, -64.752672
7	XXIII-19	11/5/2019	Comunidad de Rancho Norte	-21.436720, -64.752136
8	XXVII-19	12/19/2019	Comunidad de Rancho Norte	-21.436586, -64.752672
9	III-20	2/26/2020	Comunidad de Rancho Norte	-21.436586, -64.752672
10	V-20	3/21/2020	Comunidad de Rancho Norte	-21.436726, -64.752125
11	XIII-21	12/27/2021	Comunidad de Rancho Norte	-21.436720, -64.752136
	<b>TCA 2</b>			
1	VII-17	5/1/2017	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.3871893115755, -64.9253264442086
2	XII-17	9/29/2017	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.3871893115755, -64.9253264442086
3	IV-18	2/21/2018	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.3871893115755, -64.9253264442086
4	VIII-18	5/17/2018	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.3871893115755, -64.9253264442086
5	V-19	5/3/2019	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.38845183292768, -64.917415926027
6	XII-19	6/25/2019	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.38873019999475, -64.917453519380
7	XVI-19	9/30/2019	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.3871893115755, -64.9253264442086
8	XIX-19	10/13/2019	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.38887013689807, -64.917516211432
9	XXI-19	11/3/2019	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.388596092894335, -64.91731442584
10	VII-20	8/18/2020	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.388348999112374, -64.91737336460
11	VIII-20	8/24/2020	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.388508838078774, -64.91734117809
12	XI-20	9/11/2020	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.38871113402025, -64.917394822274
13	IV-21	2/24/2021	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.388763034461473, -64.91740128833
14	VII-21	4/9/2021	Falda la Queñua (antes del túnel)	-21.388451390772197, -64.91733467162
	<b>TCA 3</b>			
1	II-17	1/19/2017	Comunidad de Cieneguillas	-21.3622342989806, -65.0397025421262
2	XI-17	8/15/2017	Comunidad de Cieneguillas	-21.3622342989806, -65.0397025421262
3	I-18	1/21/2018	Comunidad de Cieneguillas	-21.3622889412075, -65.0400401651859
4	II-18	1/30/2018	Comunidad de Cieneguillas	-21.3622342989806, -65.0397025421262
5	III-18	2/10/2018	Comunidad de Cieneguillas	-21.3634482883385, -65.0393709540367
6	XVII-19	10/9/2019	Comunidad de Cieneguillas	-21.36228184266959, -65.03963802514
7	XVIII-19	10/2/2019	Comunidad de Cieneguillas	-21.362170142352987, -65.0397758674
8	XXIV-19	12/4/2019	Comunidad de Cieneguillas	-21.362160139335405, -65.0399513030
9	VI-20	7/8/2020	Comunidad de Cieneguillas	-21.36219060351225, -65.03972425839
10	XII-20	11/24/2020	Comunidad de Cieneguillas	-21.3622889412075, -65.0400401651859
11	II-21	2/13/2021	Comunidad de Cieneguillas	-21.3622342989806, -65.0397025421262
12	XI-21	10/28/2021	Comunidad de Cieneguillas	-21.3622889412075, -65.0400401651859
	<b>TCA 4</b>			
1	VIII-17	6/6/2017	Comunidad de Chaupiuno	-21.2796310139601, -65.1475756242871
2	XVI-17	12/31/2017	Comunidad de Chaupiuno	-21.2796310139601, -65.1475756242871
3	VI-18	3/1/2018	Comunidad de Chaupiuno	-21.2796310139601, -65.1475756242871
4	XI-18	7/9/2018	Comunidad de Chaupiuno	-21.2796310139601, -65.1475756242871
5	XV-18	10/30/2018	Comunidad de Chaupiuno	-21.2798623, -65.146992
6	XV-19	9/29/2019	Comunidad de Chaupiuno	-21.279320 -65.147652

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. APLICACIÓN DE MÉTODOS

#### 3.4.1. Aplicación del método: índice de peligrosidad

Con los datos de accidentes tránsito y considerando que la aplicación se realiza a tramos de iguales características, se determina el respectivo índice de peligrosidad para cada sub-tramo de 1 km, aplicación que se dio a cada uno de los 3 años del periodo de estudio, además se adecuó los cálculos para la longitud de los sub-tramos utilizados.

Se considera que el método del índice de peligrosidad no resulta, a priori, un procedimiento adecuado para la identificación de tramos de concentración de accidentes, ya que no tiene en cuenta la distribución de los accidentes en la vía y solo contempla aquellos accidentes que registran víctimas. Esto significa que a un elevado número de accidentes con víctimas (ACV) en la vía, registraremos una significativa cantidad de tramos de concentración de accidentes, y si bien podría parecer lógica esta suposición en la que se basa el método, ello no implica que en todos esos tramos de concentración de accidentes las condiciones de la vía sean un factor de peso en la ocurrencia de accidentes.

Cuadro N° 29. Accidentes con víctimas en cada tramo y año de estudio

Cantidad de accidentes con víctimas por año (ACV)							
Tramos	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	T.M.D.A. (veh/día)	Vol. anual
1	3	1	4	2	1	1338.000	488370
2	2	2	5	3	2		
3	2	3	3	2	2	827.000	301855
4	2	3	1	0	0	813.000	296745

Fuentes: Elaboración propia.

#### Ejemplo de cálculo: tramo 1 año 2017

N° de accidentes c/victimas por año\*10<sup>8</sup>: 3(veh.km)

Volumen anual: 488370(veh.)

Longitud del tramo: 1(km)

$$IP = \frac{\text{N° de accidentes c/victimas por año} * 10^8 (\text{veh.km})}{\text{Volumen anual (veh.)} * \text{Longitud del tramo (km)}}$$

$$IP = \frac{3 \cdot 10^8 (\text{veh.km})}{488370 (\text{veh.}) \cdot 1 (\text{km})}$$

$$IP = 614.288 \cong 614$$

Cuadro N° 30 Resultados del índice de peligrosidad

<b>Índice de peligrosidad</b>					
<b>Tramos</b>	<b>Año 2018</b>	<b>Año 2018</b>	<b>Año 2019</b>	<b>Año 2020</b>	<b>Año 2021</b>
1	614	205	819	410	205
2	410	410	1024	614	410
3	663	994	994	663	663
4	674	1011	337	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Verificación si un tramo es considerado tramo de concentración de accidentes con los resultados del índice de peligrosidad, se utiliza la siguiente tabla.

Cuadro N° 31. Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes

<b>Tipología</b>	<b>Zona</b>	<b>Rangos de T.M.D.A. (veh./día)</b>	<b>Condiciones por tramo de 1 km.</b>
Autopista Autovías Vía rápida	Llama	>80.000	IP>30 o ACV/año >9
	Ondulada	>40.000 y <80.000	IP>35 o ACV/año >5
	Montañosa	<40.000	IP>40 o ACV/año >3
Ruta Convencional	Urbana o rural llana, ondulada o montañosa	>7.000	IP>70 o ACV/año >3
		<7.000	IP>100 o ACV/año >3

Fuente: Seguridad Vial – Universidad Nacional de Córdoba.

### 3.4.1.1. Verificación TCA mediante el método del índice de peligrosidad

Cuadro N° 32. Verificación TCA – Método índice de peligrosidad

<b>Verificación de tramo de concentración de accidentes</b>					
<b>Tramos</b>	<b>Año 2017</b>	<b>Año 2018</b>	<b>Año 2019</b>	<b>Año 2020</b>	<b>Año 2021</b>
1	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
2	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
3	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
4	TCA	TCA	TCA		

Fuente: Elaboración propia.



Por esta metodología se pudo calcular la existencia de 3 puntos de concentración de accidentes en los años consecutivos de los 4 seleccionados.

Debe destacarse que los tramos casi en general presentan un índice de peligrosidad muy alto lo cual verifica TCA en gran magnitud a lo largo de toda la carretera.

Esto dificulta establecer con cierta seguridad si los resultados encontrados son precisos ya que si bien en cada año de estudio se presenta una similitud de tramos de concentración de accidentes estos no se asemejan a la realidad que se tiene en la carretera a Tarija – El Puente lo cual verificaremos con los posteriores métodos de identificación de tramos de concentración de accidentes.

### **3.4.2. Nuevo método del índice de peligrosidad**

Las causas para la no aplicación de este método son las siguientes:

Este método implica mejoras en su nueva versión y se han realizado nuevos ajustes de tránsito y tipos de vías, para obtener mejores resultados, estos fueron ajustados para las características de vías y tránsito de España. No puede aplicarse en Bolivia por su bajo tránsito de vehículos.

La evolución del método no ha mejorado las limitaciones que presentaba su antecesor, pues solo considera los accidentes con víctimas y no tiene en cuenta la distribución de los mismos, por lo que puede considerarse que este método tampoco es consistente.

Por otro lado, la discretización de las categorías de camino se encuentra ajustada para tránsitos de España, generando insensibilidad respecto de los bajos tránsitos en caminos de Bolivia.

Los tramos peligrosos detectados mediante esta metodología, en general, no representan fidedignamente las condiciones de seguridad de la vía en estudio, lo que sumado a las inconsistencias propias del método y al ajuste de sus valores límites para otra realidad, hacen que esta técnica resulte poco adecuada para su aplicación en el ámbito local.

### **3.4.3. Aplicación método del número o frecuencia de accidentes**

Aplicaremos este método considerando el criterio del nivel de confianza, para calcular el límite a partir del cual se detecta un tramo de concentración de accidentes. Para la aplicación de este método se utilizarán las longitudes iguales porque los tramos presentan características similares, la cantidad de accidentes en cada uno de ellos y el volumen de tráfico total en la carretera determinado para cada tramo.

### **Ejemplo de cálculo: tramo 1 año 2017**

Determinación de valores de la frecuencia media

Número de accidentes: 3

Longitud del tramo: 1km

La frecuencia para cada tramo se calcula aplicando la ecuación:

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{Longitud del tramo } i}$$

$$N_m = \frac{3}{1}$$

$$N_i = 3$$

Las frecuencias medias para cada año se calculan aplicando la ecuación:

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud en tramos homogéneos}}$$

$$\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos} = 9$$

$$\sum \text{Longitud en tramos homogéneos} = 4$$

$$N_m = \frac{9}{4}$$

$$N_m = 2.250$$

Para el cálculo del desvió estándar de la frecuencia media utilizamos la ecuación:

$$N_{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum(N_i - N_m)^2}{n-1}}$$

Número de datos: 4

Promedio X: 2.25

Varianza (S): 0.25

Desviación Est. ( $N_{\sigma}$ ): 0.5

El valor límite de la frecuencia está dado por la ecuación:

$$N_{\text{lím}} = k * N_{\sigma} + N_m$$

Dónde:  $k=1.645$  para un nivel de confianza del 95%

$$N_{\text{lím}} = 1.645 * 0.5 + 2.25$$

$$N_{\text{lím}} = 3.073$$

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:  $N_i \geq N_{\text{lím}}$

$3 \geq 3.073$  este tramo no es considerado TCA

Cuadro N° 33. Valores de frecuencia, frecuencia media, desviación estándar y valor límite de la frecuencia

<b>Valor de la frecuencia, frecuencia media, desviación estándar y valor límite de la frecuencia</b>					
<b>Tramos</b>	<b>Año 2017</b>	<b>Año 2018</b>	<b>Año 2019</b>	<b>Año 2020</b>	<b>Año 2021</b>
	<b>Ni</b>	<b>Ni</b>	<b>Ni</b>	<b>Ni</b>	<b>Ni</b>
1	3	1	4	2	1
2	2	2	5	3	2
3	2	3	3	2	2
4	2	3	1	0	0
<b>Frecuencia media nm</b>	2.250	2.250	3.250	1.750	1.250
<b>Des. est. de la frecuencia media (<math>N_{\sigma}</math>)</b>	0.500	0.957	1.708	1.260	0.960
<b>k nivel de confianza del 95 %</b>	1.645	1.645	1.645	1.645	1.645
<b>Valor límite de la frecuencia <math>N_{\text{lím}}</math></b>	3.073	3.825	6.059	3.819	2.825

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3.1. Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95% (k=1.645).

Cuadro N° 34. Verificación de los tramos TCA

Verificación de tramo de concentración de accidentes					
Tramos	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

La metodología de cálculo de acuerdo a los datos de: longitud de sub tramo, longitud de vía, cantidad de accidentes producidos en el periodo de análisis y de manera indirecta el tiempo, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos sub tramos donde ocurrieron 5 a más accidentes, no considerando a sub tramos con 4 accidente de tránsito.

### 3.4.4. Aplicación del método de la tasa de accidentes

Ejemplo de cálculo tramo 1

Accidentes en el tramo: 3 accidentes

TMDA: 1338 (veh/día)

N de días: 365 días

longitud del tramo: 1 km

La tasa para cada tramo se calcula aplicando la ecuación:

$$T_i = \frac{\text{Número de Accidentes}}{\text{TMDA} * \text{N de días} * \text{Long. del tramo}} * 10^6$$

$$T_i = \frac{3}{1338 * 365 * 1} * 10^6$$

$$T_i = 6.143$$

Cuadro N° 35. Identificación de TCA criterio de la media

Cálculo de la tasa para cada tramo					
Tramos	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021
	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti
1	6.143	2.048	8.191	4.095	2.048
2	4.095	4.095	10.238	6.143	4.095
3	6.626	0.027	0.027	0.018	0.018
4	6.740	0.028	0.009	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

La tasa media del sistema se define con ( $T_m$ ) de igual manera que la tasa del tramo, pero considerando la sumatoria de los accidentes, el tránsito medio y la longitud del camino en estudio se calcula con la ecuación:

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del Camino}} * 10^6$$

$\sum$ accidentes: 9

Longitud del tramo: 79.8 km

TMDA medio: 992.6667 (veh/día)

N de días: 365 días

$$T_m = \frac{9}{992.6667 * 365 * 79.8} * 10^6$$

$T_m = 0.311$

Para el cálculo del desvío estándar de la tasa media utilizamos la ecuación:

$$T_\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_i - T_m)^2}{n-1}}$$

Varianza (S) = 1.516

Desv. Est. ( $T_\sigma$ ) = 1.231

El valor límite de la frecuencia está dado por la ecuación:

$$T_{lim}=k*T_{\sigma}+ T_m$$

Dónde:  $k=1.645$  para un nivel de confianza del 95%

$$T_{lim}=1.645*1.2312+0.3113$$

$$T_{lim}=2.337$$

Un tramo será considerado de concentración de accidentes cuando cumpla que:  $T_i \geq T_{lim}$

$6.14 \geq 2.337$  este tramo es considerado TCA

Cuadro N° 36. Valores de la tasa media, desvío estándar y valor límite de la tasa

<b>Valor de la tasa, tasa media, desvío estándar y valor límite de la tasa</b>					
<b>TRAMOS</b>	<b>AÑO 2017</b>	<b>AÑO 2018</b>	<b>AÑO 2019</b>	<b>AÑO 2020</b>	<b>AÑO 2021</b>
	<b>Ti</b>	<b>Ti</b>	<b>Ti</b>	<b>Ti</b>	<b>Ti</b>
1	6.143	2.048	8.191	4.095	2.048
2	4.095	4.095	10.238	6.143	4.095
3	6.626	0.027	0.027	0.018	0.018
4	6.740	0.028	0.009	0.000	0.000
<b>Tasa media Tm</b>	0.311	0.311	0.450	0.242	0.173
<b>Des. est. de la tasa media (Nd)</b>	1.231	1.946	5.375	3.066	1.956
<b>K nivel de confianza del 95 %</b>	1.645	1.645	1.645	1.645	1.645
<b>Valor límite de la tasa Tlim</b>	2.337	3.513	9.291	5.286	3.390

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.4.1. Verificación de TCA, del método de la tasa de accidentes

Cuadro N° 37. Identificación de TCA criterio de la tasa de accidentes

<b>Verificación de tramo de concentración de accidentes</b>					
<b>Tramos</b>	<b>Año 2017</b>	<b>Año 2018</b>	<b>Año 2019</b>	<b>Año 2020</b>	<b>Año 2021</b>
1	TCA	-	-	-	-
2	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
3	TCA	-	-	-	-
4	TCA	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.5. Aplicación método del número – tasa de accidentes

Ejemplo de cálculo tramo 1

Accidentes en el tramo: 3 accidentes

TMDA: 1338 (veh/día)

N de días: 365 días

longitud del tramo: 1 km

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{Longitud del tramo } i}$$

$$N_i = \frac{3}{1}$$

$$N_i = 3$$

Las frecuencias medias para cada año se calculan aplicando la ecuación:

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud en tramos homogéneos}}$$

$$\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos} = 9$$

$$\sum \text{Longitud en tramos homogéneos} = 4$$

$$N_m = \frac{9}{4}$$

$$N_m = 2.250$$

La tasa para cada tramo se calcula aplicando la ecuación:

$$T_i = \frac{\text{Número de Accidentes}}{\text{TMDA} * \text{N de días} * \text{Long. del tramo}} * 10^6$$

$$T_i = \frac{3}{1338 * 365 * 1} * 10^6$$

$$T_i = 6.143$$

La tasa media del sistema se define con (Tm).

De igual manera que la tasa del tramo, pero considerando la sumatoria de los accidentes, el tránsito medio y la longitud del camino en estudio, esto se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del Camino}} * 10^6$$

$\sum$ accidentes:            9 accidentes

Longitud del tramo:    79.8 km

TMDA medio:            992.6667 (veh/día)

N de días:                365 días

$$T_m = \frac{9}{992.6667 * 365 * 79.8} * 10^6$$

$$T_m = 0.311$$

kT y Tm= 2 recomendado

$$kT * T_m = 0.623$$

Un tramo será considerado tramo de concentración de accidentes cuando se cumpla que:

$$T_i \geq kT * T_m$$

6.14  $\geq$  0.6225, este tramo es considerado tramo de concentración de accidentes



Cuadro N° 38. Valores de la tasa, tasa media, y límite de la tasa

Valores de la tasa, tasa media, desvío y límite de la tasa					
TRAMOS	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
	2017	2018	2019	2020	2021
	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti
1	6.143	2.048	8.191	4.095	2.048
2	4.095	4.095	10.238	6.143	4.095
3	6.626	0.027	0.027	0.018	0.018
4	6.740	0.028	0.009	0.000	0.000
<b>Tasa media Tm</b>	0.311	0.311	0.450	0.242	0.173
<b>Kt</b>	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
<b>Kt*Tm</b>	0.623	0.623	0.899	0.484	0.346

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.5.1. Verificación de TCA, del método número – tasa de accidentes

Cuadro N° 39. Identificación de TCA criterio de la media

Verificación de tramo de concentración de accidentes					
Tramos	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021
1	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
2	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
3	TCA	-	-	-	-
4	TCA	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.6. Aplicación del método del control de calidad de la tasa

Ejemplo de cálculo tramo 1

$\Sigma$ Accidentes en el tramo: 9 accidentes

TMDA promedio: 992 (veh./día)

N de días: 365 día

longitud de la vía: 79.800 km

La tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto se calcula con la ecuación:

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del Camino}} * 10^6$$

$$T_m = \frac{9}{992.6667 * 365 * 79.8} * 10^6$$

$$T_m = 0.311$$

La cantidad de tránsito en el lugar durante el periodo de análisis se calcula con la ecuación:

$$t_i = \frac{\text{TPDA} * \text{N de días} * \text{Longitud del tramo } i}{10^6}$$

$$t_i = \frac{992.6667 * 365 * 1}{10^6}$$

$$t_i = 0.3620$$

La tasa crítica del sistema se calcula de la siguiente manera aplicando la ecuación:

$$T_{ci} = T_m + k * \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}}$$

$$T_{ci} = 0.3113 + 1.645 * \sqrt{\frac{0.3113}{0.3623} + \frac{0.5}{0.3623}}$$

$$T_{ci} = 3.2162$$

Para el cálculo de la tasa de accidentes se aplica la ecuación:

$$T_i = \frac{\text{Número de Accidentes}}{\text{TMDA} * \text{N de días} * \text{Long. del tramo}} * 10^6$$

$$T_i = \frac{3}{1338 * 365 * 1} * 10^6$$

$$T_i = 6.143$$

El método considera peligroso a aquel tramo cuya tasa de accidentes sea mayor o igual que la tasa crítica del sistema

Un tramo será considerado tramo de concentración de accidentes cuando se cumpla que:

$$T_i \geq T_{ci}$$

$6.1428 \geq 3.2162$ , este tramo es considerado TCA

Cuadro N° 40. Valores de desvío de la tasa

<b>Valor de la tasa, tasa media, cantidad de tránsito y valor límite de la tasa</b>					
<b>Tramos</b>	<b>Año 2017</b>	<b>Año 2018</b>	<b>Año 2019</b>	<b>Año 2020</b>	<b>Año 2021</b>
	<b>Ti</b>	<b>Ti</b>	<b>Ti</b>	<b>Ti</b>	<b>Ti</b>
1	6.143	2.048	8.191	4.095	2.048
2	4.095	4.095	10.238	6.143	4.095
3	6.626	0.027	0.027	0.018	0.018
4	6.740	0.028	0.009	0.000	0.000
<b>Tasa media Tm</b>	0.311	0.311	0.450	0.242	0.173
<b>Cantidad de tránsito Ti</b>	5.901	1.549	4.616	2.564	1.540
<b>K nivel de confianza del 95 %</b>	1.645	1.645	1.645	1.645	1.645
<b>Tasa crítica Tci</b>	0.774	0.634	0.558	0.437	0.498

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.6.1. Verificación de TCA, método del control de calidad de la tasa

Cuadro N° 41. Identificación de TCA, criterio del nivel de confianza

<b>Verificación de tramo de concentración de accidentes</b>					
<b>Tramos</b>	<b>Año 2017</b>	<b>Año 2018</b>	<b>Año 2019</b>	<b>Año 2020</b>	<b>Año 2021</b>
1	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
2	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
3	TCA	-	-	-	-
4	TCA	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

### **3.5. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES**

Los tramos de concentración de accidentes de tránsito determinados por los diversos métodos anteriormente descritos, fueron evaluados para poder definir las causas que lo generaron.

El trabajo consistió en evaluar los partes y atestados policiales, concluyendo en las causas que generaron el accidente.

Una vez definido las causas, se realizaron trabajos topográficos de replanteo en cada uno de los tramos de concentración de accidentes de tránsito, a fin de obtener todos los elementos geométricos de la vía o tramo en estudio.

Finalmente se procedió a realizar un aforo de 24 horas durante siete días en cada tramo de estudio.

### **3.6. EVALUACIÓN DE LOS TIPOS DE ACCIDENTES EN CADA TCA EN BASE A INFORME DE TRÁNSITO**

Según informe de accidentes de tránsito y la base de datos proporcionado por la división de accidentes de la policía de la provincia Méndez, se pueden observar la cantidad de accidentes registrados en cada tramo considerado tramo de concentración de accidentes.

Esta evaluación contendrá los siguientes puntos:

- Número de accidentes y sus causas.
- Factor humano.
- Factor vehicular.
- Factor meteorológico - La vía pública y su entorno.
- Características geométricas del TCA 1.
- Señalización del TCA.
- Evaluación de la seguridad vial en el TCA.

Cuadro N° 42. Zona del hecho, ubicación satelital y causas del T.C.A.1,2 y 3

T.C.A.	Zona del hecho	Gps latitud – longitud	Causas
T.C.A.1			
1	Rancho Norte	-21.436783, -64.752107	Exceso de velocidad
2	Rancho Norte	-21.436783, -64.752107	Imprudencia ocasionados por el conductor
3	Rancho Norte	-21.436783, -64.752107	Exceso de velocidad
4	Rancho Norte	-21.436720, -64.752136	Exceso de velocidad
5	Rancho Norte	-21.436783, -64.752107	Imprudencia ocasionados por el conductor
6	Rancho Norte	-21.436586, -64.752672	Imprudencia ocasionados por el conductor
7	Rancho Norte	-21.436720, -64.752136	Imprudencia ocasionados por el conductor
8	Rancho Norte	-21.436720, -64.752136	Estado de embriaguez
9	Rancho Norte	-21.436586, -64.752672	Exceso de velocidad
10	Rancho Norte	-21.436726, -64.752125	Imprudencia ocasionados por el conductor
11	Rancho Norte	-21.436720, -64.752136	Exceso de velocidad
T.C.A.2			
1	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Exceso de velocidad
2	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Imprudencia ocasionados por el conductor
3	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Señalización defectuosa
4	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Omitir señalizaciones
5	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Imprudencia ocasionados por el conductor
6	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Imprudencia ocasionados por el conductor
7	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Vía en mal estado
8	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Imprudencia ocasionados por el conductor
9	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Imprudencia ocasionados por el conductor
10	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Falla mecánica
11	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Falla mecánica
12	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Exceso de velocidad
13	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Falla mecánica
14	Falda la Queñua	-21.388728, -64.917448	Exceso de velocidad
T.C.A.3			
1	Cieneguillas	-21.362234,-65.039702	Exceso de carga
2	Cieneguillas	-21.362234,-65.039702	Exceso de velocidad
3	Cieneguillas	-21.362288,-65.040040	Falla mecánica
4	Cieneguillas	-21.362234,-65.039702	Exceso de velocidad
5	Cieneguillas	-21.363448,-65.039370	Exceso de velocidad
6	Cieneguillas	-21.362281, -65.039638	Falla mecánica
7	Cieneguillas	-21.362170, -65.039775	Falla mecánica
8	Cieneguillas	-21.362160, -65.039951	Imprudencia ocasionados por el conductor
9	Cieneguillas	-21.362190, -65.039724	Señalización defectuosa
10	Cieneguillas	-21.362288,-65.040040	Exceso de velocidad
11	Cieneguillas	-21.362234,-65.039702	Exceso de velocidad
12	Cieneguillas	-21.362288,-65.040040	Imprudencia ocasionados por el conductor

Fuente: Policía de San Lorenzo y la Provincia Méndez.

Cuadro N° 43 Zona del hecho, ubicación satelital y causas del T.C.A.4

T.C.A.	Zona del hecho	Gps latitud – longitud	Causas
T.C.A.4			
1	Chaupiuno	-21.279631,-65.147575	Exceso de velocidad
2	Chaupiuno	-21.279631,-65.147575	Estado de embriaguez
3	Chaupiuno	-21.279631,-65.147575	Exceso de velocidad
4	Chaupiuno	-21.279631,-65.147575	Exceso de velocidad
5	Chaupiuno	-21.279862,-65.146992	Exceso de velocidad
6	Chaupiuno	-21.279320 -65.147652	Imprudencia ocasionados por el conductor

Fuente: Policía de San Lorenzo y la Provincia Méndez.

Cuadro N° 44 Tipo de vehículo protagonista, tipo de servicio que presta, fecha del hecho, hora del hecho y estado de la vía del T.C.A.1 y 2

T.C.A.	Tipo de vehículo protagonista	Tipo de servicio que presta	Fecha del hecho	Hora del hecho	Estado de la vía
T.C.A.1					
1	Vagoneta	Público	1/2/2017	23:00	Bueno
2	Motocicleta	Particular	6/22/2017	4:10	Bueno
3	Camioneta	Particular	12/25/2017	22:50	Bueno
4	Vagoneta	Particular	12/24/2018	23:00	Bueno
5	Motocicleta	Particular	6/19/2019	23:00	Bueno
6	Motocicleta	Particular	6/25/2019	19:15	Bueno
7	Camión	Particular	11/7/2019	22:30	Bueno
8	Automóvil	Particular	12/31/2019	22:30	Bueno
9	Camioneta	Particular	2/26/2020	7:45	Bueno
10	Vagoneta	Particular	3/21/2020	22:30	Bueno
11	Camioneta	Particular	12/27/2021	22:00	Bueno
T.C.A.2					
1	Camioneta	Particular	5/1/2017	7:00	Bueno
2	Vagoneta	Público	9/29/2017	22:30	Con neblina
3	Automóvil	Particular	2/21/2018	20:15	Bueno
4	Motocicleta	Particular	5/17/2018	17:15	Bueno
5	Volqueta	Particular	5/3/2019	19:40	Con neblina
6	Camión	Particular	6/25/2019	19:00	Con neblina
7	Camioneta	Particular	9/30/2019	20:00	Bueno
8	Motocicleta	Particular	10/13/2019	3:00	Bueno
9	Motocicleta	Particular	11/3/2019	8:00	Bueno
10	Camión	Particular	8/18/2020	20:00	Con neblina
11	Automóvil	Particular	8/24/2020	10:00	Bueno
12	Automóvil	Particular	9/11/2020	10:30	Bueno
13	Camioneta	Particular	2/24/2021	20:15	Con neblina
14	Vagoneta	Público	4/9/2021	18:50	Bueno

Fuente: Policía de San Lorenzo y la Provincia Méndez.

Cuadro N° 45 Tipo de vehículo protagonista, tipo de servicio que presta, fecha del hecho, hora del hecho y estado de la vía del T.C.A.3 y 4

T.C.A.	Tipo de vehículo protagonista	Tipo de servicio que presta	Fecha del hecho	Hora del hecho	Estado de la vía
T.C.A.3					
1	Camión	Particular	1/19/2017	16:50	Bueno
2	Vagoneta	Público	8/15/2017	16:15	Bueno
3	Ómnibus	Público	1/21/2018	9:00	Bueno
4	Camión	Particular	1/30/2018	19:30	Bueno
5	Vagoneta	Público	2/10/2018	10:00	Bueno
6	Camión	Particular	10/2/2019	3:30	Bueno
7	Camión tráiler	Particular	10/9/2019	11:30	Bueno
8	Camioneta	Oficial	12/4/2019	22:30	Bueno
9	Camioneta	Particular	7/8/2020	17:45	Malo
10	Camión	Particular	11/24/2020	18:00	Bueno
11	Camión cisterna	Particular	2/13/2021	11:00	Bueno
12	Ómnibus	Público	10/28/2021	18:00	Bueno
T.C.A.4					
1	Vagoneta	Público	6/6/2017	11:00	Bueno
2	Camioneta	Particular	12/31/2017	23:00	Bueno
3	Vagoneta	Público	3/1/2018	20:50	Bueno
4	Vagoneta	Particular	7/9/2018	20:00	Bueno
5	Automóvil	Particular	10/30/2018	18:15	Bueno
6	Automóvil	Particular	9/29/2019	21:30	Bueno

Fuente: Policía de San Lorenzo y la Provincia Méndez.

Cuadro N° 46 Tramo, descripción del hecho, total heridos y total muertos del T.C.A.1

T.C.A.	Tramo carretero (salida – llegada)	Descripción del hecho	Total heridos	Total muertos
T.C.A.1				
1	Tarija - El Puente	Choque a vehículo	6	0
2	Tarija - Pajchani	Caída de motocicleta	1	0
3	Tarija – Villazón	Arrollamiento	0	1
4	Tarija – Potosí	Choque a vehículo	5	0
5	Rancho Sud - Tarija	Caída de motocicleta	2	0
6	Borde del mollar – Tarija	Colisión	1	0
7	Tarija - Villazón	Colisión	1	0
8	Tarija - El Puente	Vuelco de tonel	4	0
9	Tarija - El Puente	Choque a vehículo	4	0
10	Tarija – Potosí	Choque a objeto fijo	5	0
11	Tarija – Izcayachi	Colisión	4	0

Fuente: Policía de San Lorenzo y la Provincia Méndez.

Cuadro N° 47. Tramo, descripción del hecho, total heridos, total muertos del T.C.A.1,2 y 3

T.C.A.	Tramo carretera (salida – llegada)	Descripción del hecho	Total heridos	Total muertos
T.C.A.2				
1	El Puente - Tarija	Vuelco de campana	2	0
2	Izcayachi - Tarija	Choque a objeto fijo	6	0
3	Izcayachi - Tarija	Choque a vehículo	2	0
4	Izcayachi - Tarija	Caída de motocicleta	1	0
5	Tarija - potosí	Colisión	1	0
6	Carretera al norte	Vuelco de tonel	2	0
7	Izcayachi - Tarija	Choque a objeto fijo	2	
8	falda la queñua - Tarija	Caída de motocicleta	1	0
9	Paicho - Tarija	Caída de motocicleta	2	0
10	Camargo - Tarija	Encunetamiento	1	0
11	Izcayachi - Tarija	Vuelco de tonel	3	0
12	El Puente - Tarija	Choque a objeto fijo	2	0
13	Izcayachi - Tarija	Vuelco de campana	3	0
14	Culpina - Tarija	Choque a vehículo	6	0
T.C.A.3				
1	Tarija - Villa Abecia	Embarrancamiento	3	0
2	Tarija - Potosí	Embarrancamiento	6	0
3	Tarija - Incahuasi	Embarrancamiento	26	12
4	Tarija - Culpina	Embarrancamiento	0	1
5	Tarija - Camargo	Vuelco de tonel	6	0
6	Tarija - Tupiza	Choque a vehículo	3	0
7	Tarija - Sucre	Vuelco de tonel	1	0
8	el puente - Izcayachi	Choque a objeto fijo	2	0
9	Cieneguillas	Encunetamiento	1	0
10	Tarija - Tupiza	Vuelco de tonel	3	1
11	Tarija - Cochabamba	Embarrancamiento	2	0
12	Tarija - Potosí	Deslizamiento	3	0
T.C.A.4				
1	Tarija - Potosí	Vuelco de tonel	6	6
2	Tarija – Las Carreras	Vuelco de tonel	4	1
3	Tarija - Camargo	Choque a objeto fijo	7	0
4	Tarija - El Puente	Vuelco de tonel	4	0
5	Las Carreras - Tarija	Vuelco de tonel	3	0
6	Tarija - La Paz	Choque a objeto fijo	1	0

Fuente: Policía de San Lorenzo y la Provincia Méndez.



### 3.6.1. TCA 1 Cruce carretera San Lorenzo – salida a Potosí (km 875)

Con la ayuda de imágenes satelitales mediante el Google Earth podremos apreciar el lugar de estudio.

Figura N° 35. Vista satelital del TCA 1



Fuente: Google earth.

En la imagen satelital se puede apreciar el tramo de concentración de accidentes 1 que corresponde al cruce de la carretera hacia San Lorenzo con la carretera hacia el departamento de Potosí o carretera principal que nos une con el norte de nuestro país.

Para su evaluación del tramo se procedió a medir velocidades de sur a norte y de norte a sur.

Se diferenció el tráfico de vehículos liviano, mediano y pesado, El punto de aforo fue en la curva donde empieza la carretera hacia el norte o hacia El Puente.

#### 3.6.1.1. Número de accidentes y sus causas

Se registraron 11 accidentes en el tramo de concentración de accidentes 1. Estos accidentes mediante informe de tránsito son catalogados de la siguiente manera:

- Exceso de velocidad (choque a vehículo).

- Imprudencia ocasionados por el conductor (caída de motocicleta).
- Exceso de velocidad (arrollamiento).
- Exceso de velocidad (choque a vehículo).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (caída de motocicleta).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (colisión).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (colisión).
- Estado de embriaguez (vuelco de tonel).
- Exceso de velocidad (choque a vehículo).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (choque a objeto fijo).
- Exceso de velocidad (colisión).

### 3.6.1.1.2. Factor humano

El total de los accidentes registrados en este tramo fueron por causa de los conductores, como el exceso de velocidad, imprudencia del conductor y estado de embriaguez.

Se procedió a realizar un aforo de velocidades en el tramo de concentración de accidentes 1. Mediante este aforo y un análisis estadístico de depuración de datos se pudo obtener la velocidad media en el tramo dando los siguientes resultados:

Cuadro N° 48. Velocidad media en el TCA 1

<b>T.C.A. 1</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Norte – sur</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	26.9614
Mediano	24.1347
Pesado	20.7431
<b>T.C.A. 1</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Sur - norte</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	36.7130
Mediano	31.6799
Pesado	27.3080

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.1.1.3. Factor vehicular

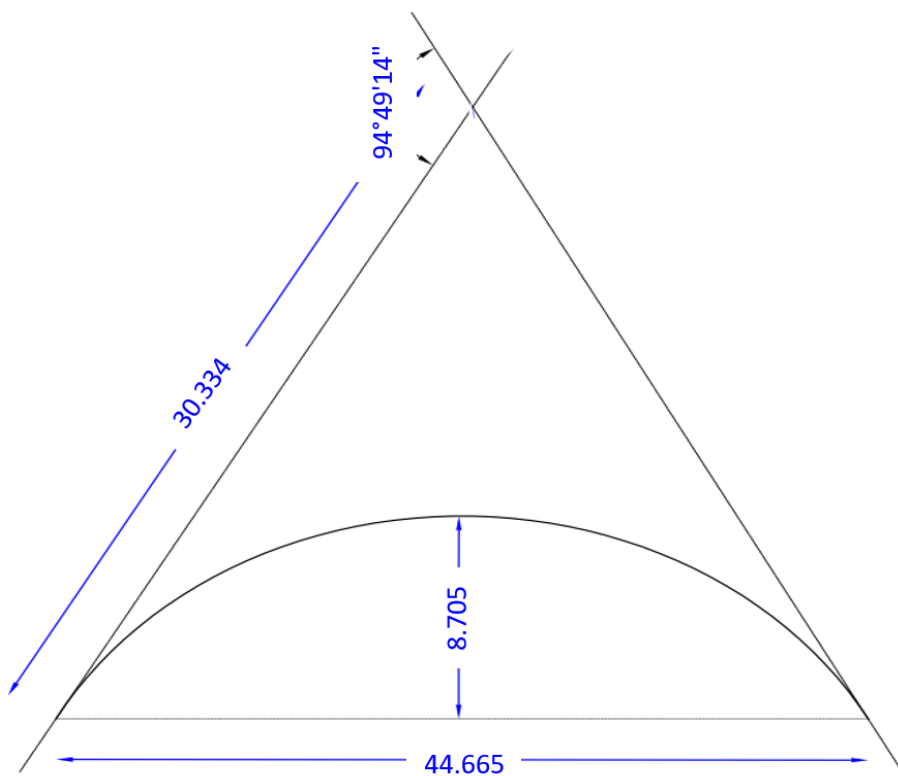
En este tramo de TCA 1 no tenemos como causa al factor vehicular

### 3.6.1.1.4. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

De los accidentes registrados en el TCA 1 no se cuenta con ningún accidente donde intervenga los factores meteorológicos – la vía pública, es decir que ningún accidente se dio en el que las condiciones meteorológicas o el estado de la vía hayan sido causantes del accidente de tránsito.

### 3.6.1.2. Características geométricas del TCA 1

Figura N° 36. Replanteo de la curva del TCA 1



Fuente: Elaboración propia.

R=Radio	33 m
L=Longitud de la curva	49.06 m
Dirección	N33°03'52.91"E
F=Flecha	8.705 m
T=Tangente	30.334 m
L.C.=Longitud de la cuerda	44.665 m
$\Delta$ =Angulo de deflexión	94°49'14"

### 3.6.1.3. Señalización del TCA 1

Cuadro N° 49. Tipo de señal, número de señales, ubicación, estado de la señal

N°	Tipo de señal	Descripción	Ubicación	Estado
1	Informativa, Dirección	Izquierda salida a Potosí y recta a San Lorenzo	Sur a Norte	Bueno
2	Preventiva	Vía lateral izquierda	Sur a Norte	Bueno
3	Resalto	Reductor de velocidad	Sur a Norte	Bueno
4	Informativa	Confirmación de destinos	Sur a Norte	Bueno
5	Resalto	Reductor de velocidad	Sur a Norte	Bueno
6	Otras	Protección al medioambiente	Sur a Norte	Bueno
7	Reglamentaria	Conserve su derecha	Sur a Norte	Bueno
8	Hito de kilometraje	kilómetro 875	Sur a Norte	Bueno
9	Reglamentaria	Conserve su derecha	Norte a Sur	Bueno
10	Informativa	Zona urbana	Norte a Sur	Bueno
11	Preventiva	Bifurcación de la vía en T	Norte a Sur	Bueno
12	Resalto	Reductor de velocidad	Norte a Sur	Bueno
13	Informativa, Dirección	Derecha Tarija, Izquierda San Lorenzo	Norte a Sur	Bueno
14	Informativa	Confinación de destinos	Norte a Sur	Bueno
15	Resalto	Reductor de velocidad	Norte a Sur	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.6.1.4. Evaluación de la seguridad vial en el TCA 1

En el TCA 1 se encuentran 15 dispositivos de control de tránsito entre ellos están: informativas, de prevención, reglamentarias, reductor de velocidad, otro. A continuación, se muestra una imagen satelital de la ubicación de las señales mencionadas anteriormente.

Figura N° 37. Vista satelital de los dispositivos de control de tránsito en el TCA 1



Fuente: Google Earth.

La primera señal de información se encuentra a 50 m antes de llegar al cruce donde indica que para la izquierda es la salida hacia el departamento de Potosí y seguir derecho nos indica que es hacia San Lorenzo.

Seguidamente se encuentra una señal preventiva que nos indica que existe una vía lateral, esta vía es el inicio de nuestro estudio, ya que partiremos desde este cruce. Al momento de realizar los aforos y topografía se pudo observar la obstaculización a la visibilidad de este dispositivo por una propaganda de un restaurante ubicado en ese lugar, ya que este es un lugar muy poblado y turístico.

En este tramo se puede apreciar un reductor de velocidad de Norte a Sur, lo cual hace que los vehículos reduzcan la velocidad que imprimen antes de la llegada a la curva que une la carretera hacia San Lorenzo con la carretera hacia Potosí. Este reductor ayuda a la disminución de accidentes causados por exceso de velocidad.

Se puede apreciar que los accidentes se dan más en este punto de Sur a Norte por tratarse de una carretera principal y no existe un reductor de velocidad antes de llegar al cruce. Es decir que el reductor de velocidad cumple su función de la reducción de accidentes por que es en menor cantidad los que se dan de Norte a Sur.

La función de este reductor es la de bajar la velocidad a un promedio de 30km/h.

La velocidad promedio de circulación en la curva de estudio es la siguiente:

Livianos: 26.96.14 km/h de Sur a Norte.

Mediano: 24.1347 km/h de Sur a Norte.

Pesado: 20.7431 km/h de Sur a Norte.

Esto nos indica que evidentemente el reductor de velocidad si cumple su función ya que las velocidades son debajo de 30 km/h.

Analizando de Sur a Norte donde no existe reductor de velocidad tenemos las siguientes velocidades:

Livianos: 36.7130 km/h.

Mediano: 31.6799 km/h.

Pesado: 27.3080 km/h.

Al momento de medir las velocidades se pudo observar que hay vehículos que sobre pasan el límite de velocidad permitido, estas velocidades fueron de 65, 61, 60, 58, 52km/h.

En este lugar es necesario la implementación de un reductor de velocidad porque es una intersección de dos carreteras principales donde antes de llegar al TCA 1 imprimen velocidades superiores a las permitidas, esta información es corroborada con la información de los accidentes de tránsito, que nos indica que se dan mayormente de Norte a Sur y por exceso de velocidad.

También antes de llegar al TCA 1 sería de gran ayuda para disminuir la cantidad de accidentes la implementación de los siguientes dispositivos de control de tránsito:

Señal preventiva de peatones en la vía: Esto porque en el lugar existen una gran cantidad de locales donde expenden comida y bebida.

Señal reglamentaria de velocidad máxima de 40 km/h: Esto porque se encuentra en una zona poblada.

### **3.6.2. TCA 2 (km 845) Falda la Queñua (Campamento de la ABC)**

Con la ayuda de imágenes satelitales mediante el Google Earth podremos apreciar el lugar de estudio.

Figura N° 38. Vista satelital del TCA 2



Fuente: Google Earth.

En la imagen satelital se puede apreciar el tramo de concentración de accidentes 2 que se encuentra ubicado en el kilómetro 845, antes de entrar al túnel de la Falda la Queñua, exactamente en la curva donde se encuentra el campamento de la ABC. Para su evaluación del tramo se procedió a medir velocidades de sur a norte y de norte a sur, diferenciando el tráfico de vehículos liviano, mediano y pesado, el punto de aforo fue en media curva, donde nos da una visibilidad de todo el trayecto de esta.

### **3.6.2.1. Número de accidentes y sus causas**

Se registraron 14 accidentes en el TCA 2. Estos accidentes mediante informe de tránsito son catalogados de la siguiente manera:

- Exceso de velocidad (vuelco de campana).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (choque a objeto fijo).
- Señalización defectuosa (choque a vehículo).
- Omitir señalizaciones (caída de motocicleta).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (colisión).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (vuelco de tonel).
- Vía en mal estado (choque a objeto fijo).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (caída de motocicleta).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (caída de motocicleta).
- Falla mecánica (encunetamiento).
- Falla mecánica (vuelco de tonel).
- Exceso de velocidad (choque a objeto fijo).
- Falla mecánica (vuelco de campana).
- Exceso de velocidad (choque a objeto fijo).

#### **3.6.2.1.1. Factor humano**

De los accidentes registrados 9 son por causa de los conductores como el exceso de velocidad, imprudencia del conductor y hacer caso omiso a las señales de tránsito. Se procedió a realizar un aforo de velocidades en el TCA 2, mediante este aforo y un análisis estadístico de depuración de datos se pudo obtener la velocidad media en el tramo dando los siguientes resultados:

Cuadro N° 50. Velocidad media en el TCA 2

<b>T.C.A. 2</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Norte – sur</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	52.9693
Mediano	46.8128
Pesado	25.8248
<b>T.C.A. 2</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Sur- norte</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	42.0291
Mediano	26.0079
Pesado	22.3362

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.2.1.2. Factor vehicular

En este tramo se registraron 3 accidentes debido al factor vehicular, es decir a fallas mecánicas.

### 3.6.2.1.3. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

De los accidentes registrados en este tramo, 5 fueron debido a los factores meteorológico y la vía pública, en el factor meteorológico el causante fue la neblina densa que se ocasiona en el lugar de estudio. A continuación de muestran imágenes de la obstrucción de la visibilidad que causa la neblina en el lugar.

Figura N° 39. Visibilidad de un vehículo hacia otro con neblina de por medio



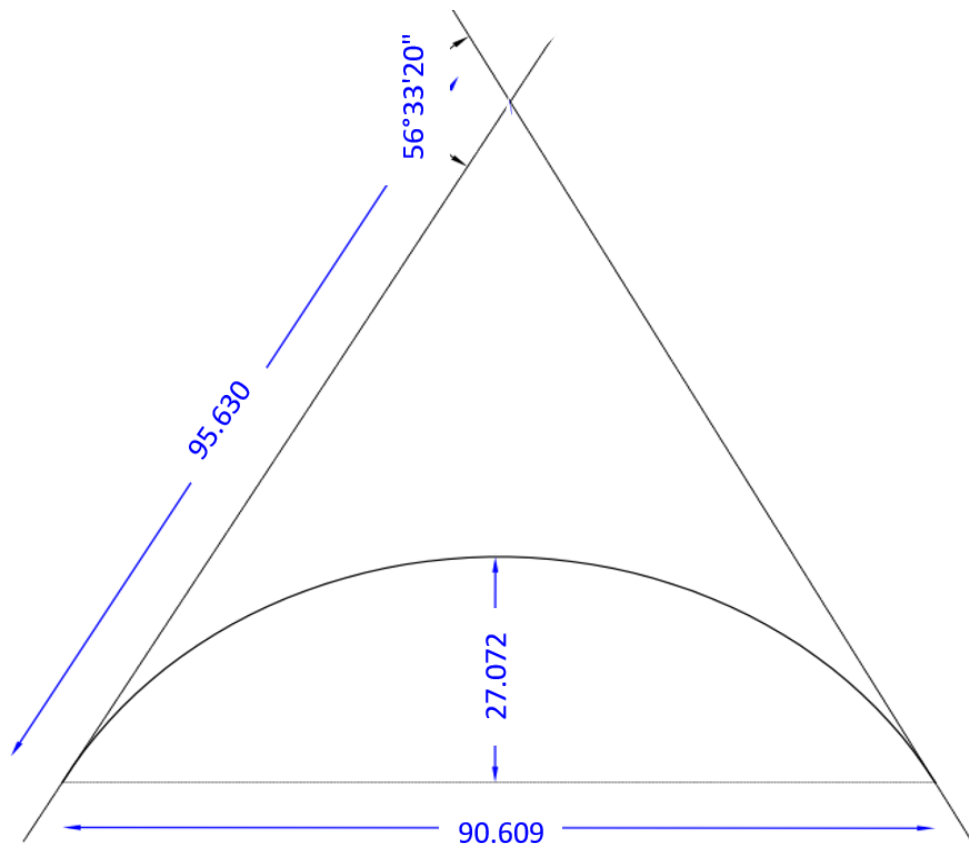
Fuente: Elaboración propia.



También intervino el factor del mal estado de la vía debido a la intensa precipitación registrada en esa época del año, estas precipitaciones hicieron que haya derrumbes en los taludes de la carretera y esto hizo que llegaran piedras a la calzada dificultando la transitabilidad de los vehículos.

### 3.6.2.2. Características geométricas del TCA 2

Figura N° 40. Replanteo de la curva del TCA 2



Fuente: Elaboración propia.

R=Radio	51.44 m
L=Longitud de la curva	110.84 m
Dirección	N11°23'25.42"E
F=Flecha	27.072 m
T=Tangente	95.630 m
L.C.=Longitud de la cuerda	90.609 m
Δ=Ángulo de deflexión	56°33'20"

### 3.6.2.3. Señalización del TCA 2

Cuadro N° 51. Tipo de señal, cantidad de señales, ubicación, estado de la señal

N°	Tipo de señal	Descripción	Ubicación	Estado
16	Preventiva	Curva y contra curva pronunciadas a la derecha	Sur a Norte	Regular
17	Preventiva	Proximidad a un túnel	Sur a Norte	Bueno
18	Preventiva	5 m. de altura	Sur a Norte	Bueno
19	Reglamentaria	Altura máxima permitida 5 m.	Sur a Norte	Bueno
20	Reglamentaria	50 km/h velocidad máxima	Sur a Norte	Bueno
21	Reglamentaria	40 km/h		
22	Informativa	Pesos, altura, anchura máxima	Sur a Norte	Bueno
23	Informativa	Confirmación de destinos	Norte a Sur	Bueno
24	Preventiva	Curvas sucesivas, primera derecha	Norte a Sur	Bueno
25	Hito de kilometraje	kilómetro 845	Norte a Sur	Bueno
26	Preventiva	Zonas de derrumbes	Norte a Sur	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.6.2.4. Evaluación de la seguridad vial en el TCA 2

En el TCA 2 se encuentran 11 dispositivos de control de tránsito entre ellos están: informativas, de prevención, reglamentarias, otro. A continuación, se muestra una imagen satelital de la ubicación de las señales mencionadas anteriormente.

Figura N° 41. Vista satelital de los dispositivos de control de tránsito en el TCA 2



Fuente: Google Earth.

Se puede apreciar dispositivos de canalización, en este caso se trata de delineadores verticales los cuales se instalan cuando el camino a pesar de contar con una adecuada geometría, que no obligue al emplazamiento de elementos de contención, presente condiciones que conlleven peligro para la conducción, en este se lo colocó por tratarse de una curva prolongada y por las inclemencias del tiempo como la neblina que dificultan la visibilidad.

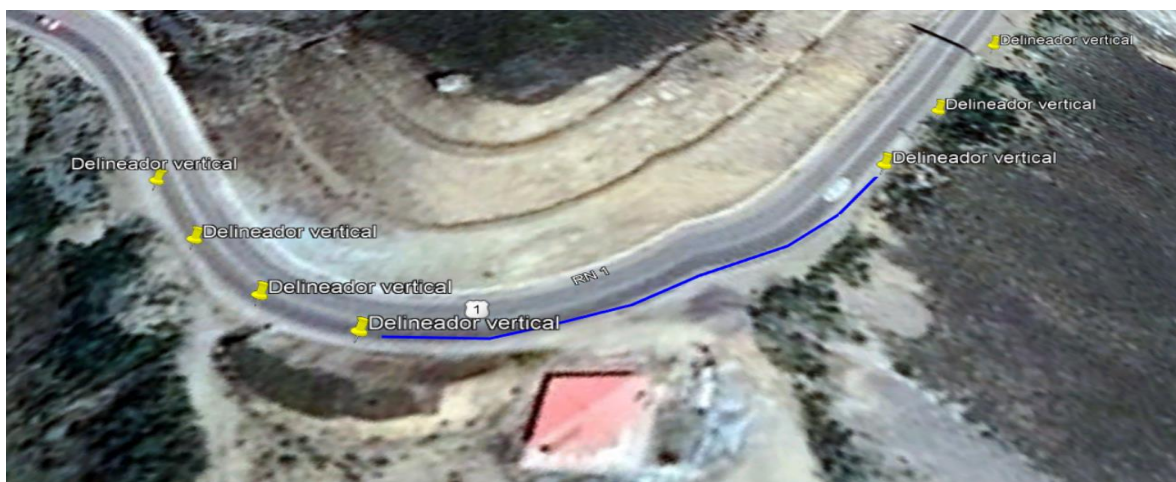
Estos delineadores verticales se encuentran 20m antes de la flexo-beam y 20m pasando esta. En la siguiente figura muestra a un delineador vertical junto al flexo-beam.

Figura N° 42. Delineador vertical y Flexo-beam en el TCA 2



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 43. Vista satelital del Flexo-beam y los delineadores verticales



Fuente: Google Earth.

Señal reglamentaria de Sur a Norte 50km/h. Se la refleja a continuación con una imagen.

Figura N° 44. Señal reglamentaria, velocidad máxima 50 km/h



Fuente: Elaboración propia.

Pese a existir una señal reglamentaria que nos indica que la velocidad máxima en este tramo de norte a sur al entrar a la curva del tramo de concentración de accidentes es de 50 km/hr cuando se realizó el aforo de velocidades se pudo evidenciar que la velocidad de los vehículos livianos en este tramo es superior a la permitida como se aprecia en la tabla que se mostró anteriormente.

Velocidad reglamentaria de circulación por el tramo en estudio: 50 km/h.

Velocidad imprimida por los vehículos que circulan por el tramo: 52.9693 de bajada sobrepasa el límite permitido mediante el promedio de todos los vehículos que circularon por el tramo.

En el momento del control de velocidades se evidencio que existe una gran cantidad de vehículos que llegan a alcanzar hasta los 68, 67, 66, 60, 57km/h.

Debido a que estos vehículos no respetan el límite de velocidad se producen los accidentes de tránsito.

### 3.6.3. TCA 3 (km 827) Pasando Cieneguillas de Sur a Norte

Con la ayuda de imágenes satelitales mediante el Google Earth podremos apreciar el lugar de estudio.

Figura N° 45. Vista satelital del TCA 3



Fuente: Google Earth.

En la imagen satelital se puede apreciar el TCA 3 que se encuentra ubicado en el kilómetro 827, pasando Chaupiuno.

Para su evaluación del tramo se procedió a medir velocidades de Sur a Norte y de Norte a Sur, diferenciando el tráfico de vehículos liviano, mediano y pesado, el punto de aforo fue al empezar la curva, donde nos da una visibilidad de todo el trayecto de esta.

#### 3.6.3.1. Número de accidentes y sus causas

Se registraron 12 accidentes en el TCA 3. Estos accidentes mediante informe de tránsito son catalogados de la siguiente manera:

- Exceso de carga (embarrancamiento).
- Exceso de velocidad (embarrancamiento).
- Falla mecánica (embarrancamiento).

- Exceso de velocidad (embarrancamiento).
- Exceso de velocidad (vuelco de tonel).
- Falla mecánica (choque a vehículo).
- Falla mecánica (vuelco de tonel).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (choque a objeto fijo).
- Señalización defectuosa (encunetamiento).
- Exceso de velocidad (vuelco de tonel).
- Exceso de velocidad (embarrancamiento).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (deslizamiento).

### 3.6.3.1.2. Factor humano

De los accidentes registrados 7 son por causa de los conductores como el exceso de velocidad y la imprudencia del conductor.

Se procedió a realizar un aforo de velocidades en el TCA 3, mediante este aforo y un análisis estadístico de depuración de datos se pudo obtener la velocidad media en el tramo dando los siguientes resultados:

Cuadro N° 52. Velocidad media en el TCA 3

<b>T.C.A. 3</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Norte - sur</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	40.3489
Mediano	34.6596
Pesado	25.9476
<b>T.C.A. 3</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Sur – Norte</b>	<b>(km/h)</b>
Liviano	44.2165
Mediano	32.3576
Pesado	20.9705

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.3.1.3. Factor vehicular

En este tramo se registró 3 accidentes debido al factor vehicular, es decir a fallas mecánicas.

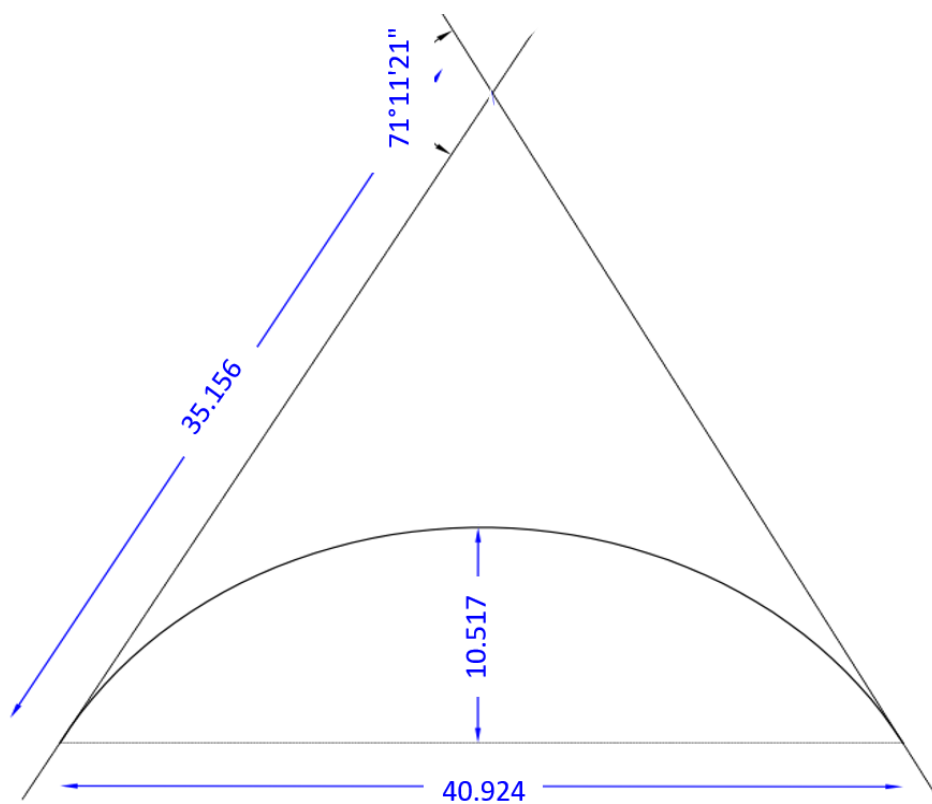
### 3.6.3.1.4. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

De los accidentes registrados en el TCA 3, no se dieron los mismos por causa del factor meteorológico, la vía pública y su entorno.

Cabe destacar que se dio un caso por la señalización defectuosa, es decir que se debe de reemplazar para evitar este tipo de accidentes.

### 3.6.3.2. Características geométricas del TCA 3

Figura N° 46. Replanteo de la curva del TCA 2



Fuente: Elaboración propia.

R=Radio	25.16 m
L=Longitud de la curva	47.79 m
Dirección	S30°24'46.77"E
F=Flecha	10.517 m
T=Tangente	35.156 m
L.C.=Longitud de la cuerda	40.924 m
$\Delta$ =Angulo de deflexión	71°11'21"

### 3.6.3.3. Señalización del TCA 3

Cuadro N° 53. Tipo de señal, número de señales, ubicación, estado de la señal

N°	Tipo de señal	Descripción	Ubicación	Estado
27	Preventiva	Curva muy cerrada a la izquierda	Sur a Norte	Bueno
28	Reglamentaria	Prohibido adelantar	Norte a Sur	Bueno
29	Preventiva	Curva muy cerrada a la derecha	Norte a Sur	Bueno
30	Hito de kilometraje	kilómetro 827	Norte a Sur	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.3.4. Evaluación de la seguridad vial en el TCA 3

En el tramo de concentración de accidentes 3 se encuentran 4 dispositivos de control de tránsito entre ellos están: informativas, de prevención, reglamentarias, otro. A continuación, se muestra una imagen satelital de la ubicación de las señales mencionadas anteriormente.

Figura N° 47. Vista satelital de los dispositivos de control de tránsito en el TCA 3



Fuente: Google Earth.

Este TCA 3 por tratarse de una curva peligrosa de más o menos 180° y a continuación de ella tiene un talud de una altura considerable, tiene un flexo-beam a lo largo de toda la curva. El propósito del Flex-Beam es que estas defensas metálicas hagan los caminos, más seguros para los conductores. Para cumplir con estos objetivos, los sistemas de defensa son diseñados para:



- Evitar que los vehículos fuera de control salgan del camino.
- Redirigir a los vehículos fuera de control en dirección paralela al flujo vehicular.
- Minimizar los daños a los ocupantes del vehículo durante la colisión.

Mediante la inspección visual si pudo apreciar que este Flexo-Beam lleva un severo daño causado por un accidente de tránsito. A continuación, se muestra el Flexo-Beam en toda la curva de estudio.

Figura N° 48. Flexo-Beam a lo largo de la curva en el TCA 3



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 49. Vista satelital del Flexo-beam en el TCA 3



Fuente: Google Earth.

En este tramo no existe una señal reglamentaria de control de velocidad, por ser esta con una pendiente pronunciada y una curva peligrosa de más o menos 180°, tendría que llevar un dispositivo de control de velocidad máxima de 50 km/h.

Las velocidades controladas mediante aforo dieron un resultado de:

Liviano: 44.2165 km/h de bajada.

Mediano: 32.3576 km/h de bajada.

Pesado: 20.9705 km/h de bajada.

Durante el periodo de aforo solo una cantidad mínima sobrepaso los 50 km/h.

#### **3.6.4. TCA 4 (km 805) en la comunidad de Chaupiuno**

Con la ayuda de imágenes satelitales mediante el Google Earth podremos apreciar el lugar de estudio.

Figura N° 50. Vista satelital del TCA 4



Fuente: Google Earth

En la imagen satelital se puede apreciar el TCA 4 que se encuentra ubicado en el kilómetro 805 en la comunidad de Chaupiuno.

Para su evaluación del tramo se procedió a medir velocidades de Sur a Norte y de Norte a Sur, diferenciando el tráfico de vehículos liviano, mediano y pesado, el punto de aforo fue al empezar la curva, donde nos da una visibilidad de todo el trayecto de esta.

#### 3.6.4.1. Número de accidentes y sus causas

Se registraron 6 accidentes en el TCA 4. Estos accidentes mediante informe de tránsito son catalogados de la siguiente manera:

- Exceso de velocidad (vuelco de tonel).
- Estado de embriaguez (vuelco de tonel).
- Exceso de velocidad (choque a objeto fijo).
- Exceso de velocidad (vuelco de tonel).
- Exceso de velocidad (vuelco de tonel).
- Imprudencia ocasionados por el conductor (choque a objeto fijo).

##### 3.6.4.1.1. Factor humano

Los 6 accidentes registrados en este tramo son por causa de los conductores como el exceso de velocidad, estado de embriaguez y la imprudencia del conductor.

Se procedió a realizar un aforo de velocidades en el TCA 4, mediante este aforo y un análisis estadístico de depuración de datos se pudo obtener la velocidad media en el tramo dando los siguientes resultados:

Cuadro N° 54. Velocidad media en el TCA 4

<b>TCA 4</b>	<b>VELOCIDAD</b>
<b>NORTE - SUR</b>	<b>(km/h)</b>
LIVIANO	55.1464
MEDIANO	39.3305
PESADO	36.6368
<b>TCA 4</b>	<b>VELOCIDAD</b>
<b>SUR - NORTE</b>	<b>(km/h)</b>
LIVIANO	50.4815
MEDIANO	37.7748
PESADO	33.0419

Fuente: Elaboración propia..

### 3.6.4.1.2. Factor vehicular

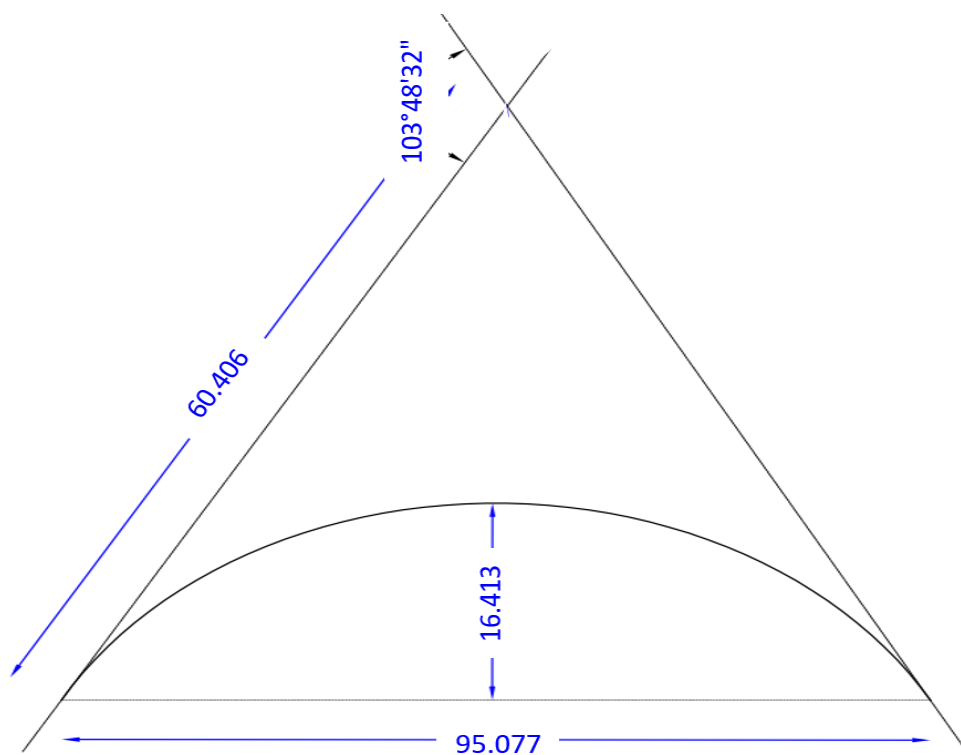
En este tramo TCA 4 no se registró ningún accidente debido al factor vehicular, es decir a fallas mecánicas.

### 3.6.4.1.3. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

De los accidentes registrados en el TCA 4, no se dieron los mismos por causa del factor meteorológico, la vía pública y su entorno.

### 3.6.4.2. Características geométricas del TCA 4

Figura N° 51. Replanteo de la curva del TCA 4



Fuente: Elaboración propia.

R: Radio	77.05 m
L.: Longitud de la curva	102.46 m
Dirección	N70°38'30.42"E
F: Flecha	16.413 m
T: Tangente	60.406 m
L.C.: Longitud de la cuerda	95.077 m
$\Delta$ : Angulo de deflexión	103°48'32"

### 3.6.4.3. Señalización del TCA 4

Cuadro N° 55. Tipo de señal, descripción, ubicación y estado de la señal

N°	TIPO DE SEÑAL	DESCRIPCION	UBICACION	ESTADO
31	Reglamentaria	Prohibido adelantar	Sur a Norte	Bueno
32	Reglamentaria	50 km/h velocidad máxima	Sur a Norte	Bueno
33	Preventiva	Semoviente, o animales en carretera	Sur a Norte	Bueno
34	Hito de kilometraje	kilómetro 805	Sur a Norte	Bueno
35	Preventiva	Semoviente, o animales en carretera	Norte a Sur	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.4.4. Evaluación de la seguridad vial en el TCA 4

En el TCA 4 se encuentran 5 dispositivos de control de tránsito entre ellos están: informativas, de prevención, reglamentarias, otro. A continuación, se muestra una imagen satelital de la ubicación de las señales mencionadas anteriormente.

Figura N° 52. Vista satelital de los dispositivos de control de tránsito en el TCA 4



Fuente: Google Earth.

Este tramo de concentración de accidentes 4 por tratarse de una curva peligrosa, que se cierra de golpe más o menos a 90°, tiene un flexo-beam a lo largo de toda la curva. El propósito del Flex-Beam es que estas defensas metálicas hagan los caminos, más seguros para los conductores.

Para cumplir con estos objetivos, los sistemas de defensa son diseñados para:

- Evitar que los vehículos fuera de control salgan del camino.
- Redirigir a los vehículos fuera de control en dirección paralela al flujo vehicular.
- Minimizar los daños a los ocupantes del vehículo durante la colisión.

A continuación, se muestra el Flexo-Beam en toda la curva de estudio.

Figura N° 53. Flexo-Beam a lo largo de la curva en el TCA 4



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 54. Vista satelital del Flexo-beam en el TCA 4



Fuente: Google Earth.

En este tramo existe una señal reglamentaria de velocidad máxima 50 km/h de Sur a Norte, la cual no es respetada con los conductores que circulan por la misma. Con los aforos de velocidad realizados en este punto pudimos apreciar que sobre pasan los límites permitidos de velocidad sobre todo los vehículos que transitan de Norte a Sur dándonos los siguientes resultados:

Liviano: 50.4815 km/h de Sur a Norte.

Mediano: 37.7748 km/h de Sur a Norte.

Pesado: 33.0419 km/h de Sur a Norte.

Liviano: 55.1464 km/h de Norte a Sur.

Mediano: 39.3305 km/h de Norte a Sur.

Pesado: 36.6368 km/h de Norte a Sur.

Figura N° 55. Señal reglamentaria, velocidad máxima 50 km/h



Fuente: Elaboración propia.

Durante el periodo de aforo se observó que una gran cantidad de vehículos sobre pasaron el límite permitido de velocidad de 50 km/h. Estos vehículos imprimían velocidades de hasta 61,60,58 km/h.

En este tramo también se pudo apreciar el deterioro de la capa de rodadura, presentando grietas y desgastes, esta capa es de pavimento rígido. Este deterioro también puede ser el causante de accidentes de tránsito, ya que los conductores al tratar de esquivarlos pueden realizar maniobras imprevistas y con la ayuda del factor velocidad pueden causar accidentes. A continuación, se muestra una imagen del estado de la vía.

Figura N° 56. Imagen del estado de la capa de rodadura en el TCA 4



Fuente: Elaboración propia

### **3.7. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE RESULTADOS**

Con los resultados obtenidos del estudio de seguridad vial en el tramo Tarija – El Puente podemos analizar lo siguiente:

#### **3.7.1. Volumen de tráfico**

El estudio de tráfico vehicular es de gran importancia porque tiene por objetivo, cuantificar el volumen vehicular y clasificar según tipo de vehículo.

Para la obtención del volumen de tráfico y el tráfico promedio diario anual mediante aforos se dividió la carretera de estudio en tres tramos que son:

- Cruce San Lorenzo, Cruce Carretera a Potosí.
- San Lorencito (Cruce Izcayachi, Cruce Carretera a Potosí).
- Entrada a Tomayapo, pasando Cieneguillas.



Se optó por esta división porque no todos los vehículos tienen un solo destino por la carretera principal, se comprobó esto con la reducción del tráfico vehicular de tramo a tramo.

Donde más se pudo apreciar que existe tráfico vehicular es en el primer tramo entre San Lorenzo y Cruce Izcayachi, esto debido a que existe una gran cantidad de vehículos que se dirigen hacia Izcayachi, Villazón y comunidades intermedias.

Entre el tramo 2 y 3 no hubo mucha reducción de tráfico ya que en este tramo existe carreteras que se bifurcan y se dirigen a comunidades intermedias como ser Paicho y Tomayapo.

El aforo se lo realizó separado por carriles, para luego sumarlos y obtener el Tráfico Promedio Semanal y con la ayuda de fórmulas estadísticas.

Se puede evidenciar que esta carretera tiene un importante volumen de tráfico, esto debido a que une los departamentos de Chuquisaca, Potosí y se deriva con sus comunidades de los departamentos mencionados. Los resultados de los aforos fueron los siguientes:

Cuadro N° 56. Tráfico Medio Diario Anual y Volumen anual

Tramo	T.M.D.A. (veh/día)	Volumen anual
1	1338	488370
2	827	301855
3	813	296745

Fuente: Elaboración propia.

### **3.7.2. Análisis comparativo y de consistencia de los resultados de los distintos métodos de identificación de TCA**

- Aplicando el método del Índice de Peligrosidad nos dio como resultado que todos los tramos son tramo de concentración de accidentes en todos los años de estudio, a excepción del tramo 4 en los años 2020 y 2021 donde no se registraron accidentes en este tramo. Estos resultados tienen alguna variación con los obtenidos en los otros métodos, esto debido a que toma en cuenta el volumen anual de tráfico, y este volumen anual es bajo para la aplicación del método, es decir que este método da mejores resultados o más precisos con volúmenes de tráfico anuales más

elevados o carreteras con mayor transitabilidad y mayor número de registro de accidentes de tránsito, en nuestro caso para un tráfico promedio diario anual menor a 70000 veh/día la cantidad de accidentes con víctimas por año debería ser mayor a 3 accidentes. Debido a esto se recomienda desecharlo como criterio para definir tramos con concentración de accidentes en nuestro medio, esto también puede ser principalmente a que al tener un tráfico promedio diario anual pequeño para la aplicación de este método produce resultados incorrectos.

- Nuevo Método del Índice de Peligrosidad como vimos la incoherencia de los resultados obtenidos por el método anterior del índice de peligrosidad, no está elaborado para nuestro medio o bien sus características del método son diferentes a las de nuestro medio, si bien este método implica mejoras en su nueva versión y se han realizado nuevos ajustes de tránsito y tipos de vías, para obtener mejores resultados, estos fueron ajustados para las características de vías y tránsito de España lo que genera cierta insensibilidad respecto de los bajos tránsitos que comparativamente se registran en los caminos de nuestro país.
- Aplicando el método del número o frecuencia de accidentes se determinó que ningún tramo de la carretera en estudio es un tramo de concentración de accidentes, esto debido a que la metodología de cálculo de acuerdo a los datos de: longitud de sub tramo, longitud de vía, cantidad de accidentes producidos en el periodo de análisis y de manera indirecta el tiempo, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos sub tramos donde ocurrieron 5 a más accidentes, no considerando a sub tramos con 4 accidente de tránsito.
- Mediante el método de la tasa de accidentes se pudo obtener que el tramo 2 es un tramo de concentración de accidentes a lo largo del periodo de estudio. Este resultado tiene similitud con los obtenidos mediante los métodos de número tasa de accidentes y el método del control de calidad de la tasa. Estos resultados serán tomados en cuenta para hacer una valoración y obtener un resultado final de los tramos en estudio.
- Aplicando el método número tasa de accidentes se pudo obtener como resultado que los tramos 1 y 2 a lo largo del periodo de estudio son tramos de concentración

de accidentes. Estos resultados tienen similitud con el método de la tasa de accidentes y el método del control de calidad de la tasa.

- Mediante el método del control de calidad de la tasa se obtuvo los mismos resultados que el método del número tasa de accidentes, esto debido a su similitud de cálculo.
- Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los diferentes métodos son los siguientes: Por el método del número o frecuencia de accidentes ninguno de los tramos en estudio son tramos de concentración de accidentes, por el método de la tasa de accidentes se confirmó un tramo de concentración de accidentes en el tramo 2, por el método número tasa de accidentes se confirmaron dos tramos de concentración de accidentes en el tramo 1 y 2 respectivamente y finalmente por el método del control de calidad de la tasa se confirmaron dos tramos de concentración de accidentes en el tramo en estudio.

Cuadro N° 57. Verificación de TCA, mediante el método de la tasa de accidentes

<b>Verificación de tramo de concentración de accidentes mediante el método de la tasa de accidentes</b>					
<b>Tramos</b>	<b>Año 2017</b>	<b>Año 2018</b>	<b>Año 2019</b>	<b>Año 2020</b>	<b>Año 2021</b>
1	TCA	-	-	-	-
2	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
3	TCA	-	-	-	-
4	TCA	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 58. Verificación de TCA, mediante el método número tasa de accidentes

<b>Verificación de tramo de concentración de accidentes mediante el método número tasa de accidentes</b>					
<b>TRAMOS</b>	<b>AÑO 2017</b>	<b>AÑO 2018</b>	<b>AÑO 2019</b>	<b>AÑO 2020</b>	<b>AÑO 2021</b>
1	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
2	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
3	TCA	-	-	-	-
4	TCA	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 59. Verificación de TCA, mediante el método del control de calidad de la tasa

VERIFICACION DE TCA MEDIANTE EL METODO DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA TASA					
TRAMOS	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021
1	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
2	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
3	TCA	-	-	-	-
4	TCA	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

- Como se puede evidenciar en los resultados obtenidos los métodos más aceptables y que además se adecuan a nuestro medio son los de Método de la tasa de accidentes, Método número tasa de accidentes, Método del control de calidad de la tasa. Estos métodos cumplen con exigencias que se pueden encontrar en nuestro medio de acuerdo con los datos requeridos en su utilización además de tomar mayor cantidad de parámetros en su cálculo, el conjunto de todos estos parámetros o datos exigidos hacen que estos métodos sean más confiables, por lo cual estos tres métodos son los más adecuados al momento de determinar un tramo de concentración de accidentes, además de tener mayor consistencia en sus resultados, siendo los más adecuados para su utilización en la determinación de tramos de concentración de accidentes en carreteras de nuestro país.
- Analizando todos los resultados obtenidos de los cálculos mediante cada método y teniendo un enfoque y visión adecuada al momento de realizar la comparación de los métodos y el análisis de los resultados se confirmaron que de los cuatro tramos en estudio dos son tramos de concentración de accidentes, estos tramos son el tramo 1 y tramo 2, o ahora confirmado TCA 1 y TCA 2.

### 3.7.3. Velocidad de recorrido en los posibles TCA

Las velocidades de recorrido en los 4 tramos de la carretera Tarija – El Puente, se determinaron mediante aforos en las horas pico de cada tramo durante 2 días, es decir se midió velocidades en todos los posibles tramos de concentración de accidentes, para luego

con la ayuda de fórmulas estadísticas de depuración de datos se determinó la velocidad media de los vehículos en cada tramo.

Se pudo evidenciar que en el tramo de concentración de accidentes 1 de norte a sur existe un reductor de velocidad el cual hace que los vehículos entren en la curva con velocidad considerable o baja velocidad, logrando la reducción de accidentes por exceso de velocidad. Ocurre lo contrario en el mismo tramo, pero de sur a norte, ya que los vehículos entran con mayor velocidad, esto debido a que se trata de una carretera principal con una recta prolongada donde imprimen grandes velocidades y al llegar al cruce o curva de 90° se hace dificultoso reducir la velocidad de ingreso a la curva.

En el tramo de concentración de accidentes 2 se puede evidenciar que los vehículos livianos que están de bajada o de norte a sur son los que sobre pasan el límite de velocidad haciendo caso omiso a la señal reglamentaria de tránsito, esta velocidad promedio es de 52.9772 km/h y la permitida es de 50 km/h. Esta velocidad es el promedio de todas velocidades que recorren el lugar de estudio, pero al momento del aforo de velocidades se evidencio que una gran cantidad de vehículos livianos sobre pasaban el límite de velocidad, recorriendo a velocidades de 68, 67, 66, 60, 57 km/h.

En el tramo de concentración de accidentes 3 se puede evidenciar que no existe una señal que indique una velocidad máxima, pero debido a las condiciones topográficas de la carretera, estas velocidades no deberían sobre pasar de 50 km/h de bajada o de sur a norte. Tomando como referencia esta velocidad se pudo evidenciar que no se sobre paso la velocidad permitida.

Por ultimo en el tramo de concentración de accidentes 4 se puedo evidenciar que existe una señal de velocidad máxima 50km/h, esta señal no es respetada por que al momento de hacer el aforo de velocidades se evidencio que los vehículos livianos tanto de Sur a Norte y de Norte a Sur sobre pasaron la velocidad permitida marcando una velocidad promedio de 55.1464 km/h y 50.4815 km/h.

Al momento del aforo de velocidades se evidencio que un 40% de vehículos que transitan por este tramo sobre paso el límite de velocidad.

Toda esta situación puede estar ligada a varios aspectos, por ejemplo, la educación vial y costumbres de los usuarios de la carretera, dispositivos de control de velocidad, señalización vertical con límites de velocidades de recorrido.

#### **3.7.4. Dispositivos de seguridad vial**

En la inspección visual de los dispositivos de seguridad vial se pudo verificar que están en buen estado, salvo de una que se encuentra en estado regular. Se evidencio la falta de una señal reglamentaria de velocidad máxima, también la falta de un reductor de velocidad antes de llegar al tramo de concentración de accidentes 1.

En resumen, se cuenta con las siguientes señales verticales y reductores de velocidad:

- Señales verticales preventivas: 11 Pza.
- Señales verticales reglamentarias: 8 Pza.
- Señales verticales Informativas: 7 Pza.
- Resalto o rompe muelle: 4 Pza.
- Hito kilometraje: 4 Pza.
- Otras: 1

### **3.8. PROPUESTA DE ACCIONES PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN LOS TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES**

#### **3.8.1. Acciones de seguridad vial**

##### **1. Implementar planes de seguridad vial de empresas de transporte y de motocicletas**

No se toma en cuenta en el plan de seguridad vial aspectos que a nivel mundial son considerados y que tienen un gran impacto en la seguridad vial como ser:

- Crear una reglamentación para planes de seguridad vial en las empresas de transporte, que tendría una gran influencia sobre todo en zonas urbanas o pobladas por donde cruza la carretera.

- Plan de seguridad vial para motocicletas, esto debido a que en Bolivia se detectó un gran incremento del parque vehicular de motocicletas, debido al bajo costo ofertado por la industria china.
  - Regular las especificaciones técnicas mínimas de seguridad de los vehículos que circulan por el país
- 2. Redactar una definición de tramo de concentración o punto de concentración de accidentes acorde a nuestro país.**
- Implementar parámetros que definan límites (Número y distancia entre accidentes de tráfico) para identificar:
    - **Tramos de concentración de accidentes.**
    - **Puntos de concentración de accidentes.**
  - Adaptar parámetros de otros países que definan el valor límite de accidentes de tráfico aceptables por la sociedad para justificar una intervención.
  - Realizar intervenciones para justificar con una evaluación costo beneficio, sobre el costo de la vida humana y los heridos.
- 3. Elaborar un diagnóstico con valores de referencia para Bolivia para la valoración del costo de los accidentes de tráfico.**

Realizar estudios o valores de referencia sobre los siguientes aspectos:

- Costos de los accidentes de tráfico en Bolivia y la valoración monetaria de los muertos y heridos por los accidentes de tráfico. Respaldar las evaluaciones de un estudio para justificar la implementación de medidas de seguridad vial, mejoramiento de la vía y otros.
  - Contar con una estimación de la pérdida económica debido a los accidentes de tráfico en Bolivia.
- 4. Mejorar el Sistema de Información Vial.**
- El sistema de información a partir del cual se puede obtener un diagnóstico y evaluación de la situación de seguridad vial en Bolivia actualmente está a cargo de la Policía Boliviana, que ha implementado un nuevo formulario que incluye diferentes aspectos que permiten un análisis de accidentabilidad, estos aspectos son: Número, código, gestión, fechas, ubicación con tramo, zona y coordenadas

del GPS, probables causas, nombres, genero, edad de los protagonistas, grado alcohólico, tipo de vehículo, número de heridos, número de muertos, nombres de víctimas, medidas cautelares y otros. La información al menos sintética debería estar disponible en la página web del observatorio de Seguridad Ciudadana, sin embargo, esta página no está habilitada la mayor parte del tiempo y no dispone de información esencial sobre la accidentabilidad en el país.

- Crear un formulario único de accidentes en Bolivia conjuntamente entre la ABC y la policía boliviana. Si bien en la policía se puede llegar a contar con una base de datos de los accidentes de tránsito reportados, y lo propio en la ABC, no es posible cruzar la información por ser los formularios diferentes y no contarse con información sistematizada en bases de datos.
  - Establecer el tiempo de seguimiento de las víctimas después del accidente para poder considerar una muerte como resultado de un accidente de tráfico
- 5. Destinar más recursos económicos, físicos y técnicos para dar respuesta a las víctimas de un accidente de tránsito terrestre y a la vía de circulación.**
- Destinar recursos económicos, humanos y materiales para planes de respuesta inmediata ante los accidentes de tráfico.
  - Destinar recursos a la Administradora Boliviana de Carreteras para seguridad vial.

### **3.8.2. Medidas de prevención de accidentes en los tramos de concentración de accidentes**

Después de haber realizado la evaluación en los tramos de concentración de accidentes de tránsito se pudo observar la falta de reductores de velocidad y señales reglamentarias y preventivas de control de tránsito.

Dotar al tramo considerado tramo de concentración de accidentes con adecuados dispositivos de señalización y seguridad vial para brindar una mayor seguridad de movimiento vehicular en la vía y consecuentemente evitar y/o minimizar los accidentes de tránsito, dado que en la actualidad no existe una señalización completa y cuidadosa de la vía en estudio.



No se cuenta con una normativa de señal vertical vigente para la identificación, ubicación, cercanía y causas de un tramo de concentración de accidentes. A continuación, se detallará los implementos posibles para la reducción de accidentes en los tramos considerados TCA

### 3.8.2.1. Para el TCA 1

#### SEÑALIZACIÓN DE TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

Instalación de carteles de tramo de concentración de accidentes en cada sentido de la circulación. Propuesta de la señalización vertical que se ubicará en el principio y final de los tramos de concentración de accidentes, Ver Figura N°57.

Las dimensiones para las señalizaciones propuestas en la presente investigación son los siguientes: Al inicio del TCA, Ancho:1.44 m; Largo:1.80 m.

Figura N° 57. Señalización de tramo de concentración de accidentes TCA 1



Elaboración propia.

Al final de TCA, Ancho:1.44 m.; Largo: 0.60 m.

Figura N° 58. Señalización fin de tramo de concentración de accidentes TCA 1



Elaboración propia.

#### SEÑAL VERTICAL REGLAMENTARIA (SR-30 DE VELOCIDAD MÁXIMA)

Implementación de una señal vertical de velocidad máxima esta señal reglamentaria deberá instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiere establecer

la regulación. En este caso de velocidad máxima (SR-30), según el manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC nos indica que se instalara este dispositivo donde la presencia de camiones y buses cuenten con un tránsito medio diario anual (TMDA) mayor o igual al 20 % del total. En nuestro caso el porcentaje de camiones y buses alcanzan el 24.3647 %, es decir que si se puede instalar el dispositivo mencionado.

Figura N° 59. Señal vertical reglamentaria de velocidad máxima



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### **RESALTO TIPO COJIN**

El exceso de velocidad en relación a ciertas condiciones de la vía y del entorno, es uno de los principales factores contribuyentes al riesgo, ocurrencia y gravedad de los accidentes de tránsito. Es por esta razón que implementaremos las llamadas “medidas calmantes de velocidad”, más conocida como el resalto o “rompe-muelle”.

Los resaltos denominados “cojines”, son más amigables para los usuarios de vías de mayor jerarquía, al posibilitar velocidades medias del orden de 50 km/hr., estos responden a la necesidad de crear dispositivos que calmaran la velocidad sin afectar la comodidad de usuarios y conductores de buses. Para la instalación de estos cojines se recomienda que se dé uno o más de los siguientes criterios:

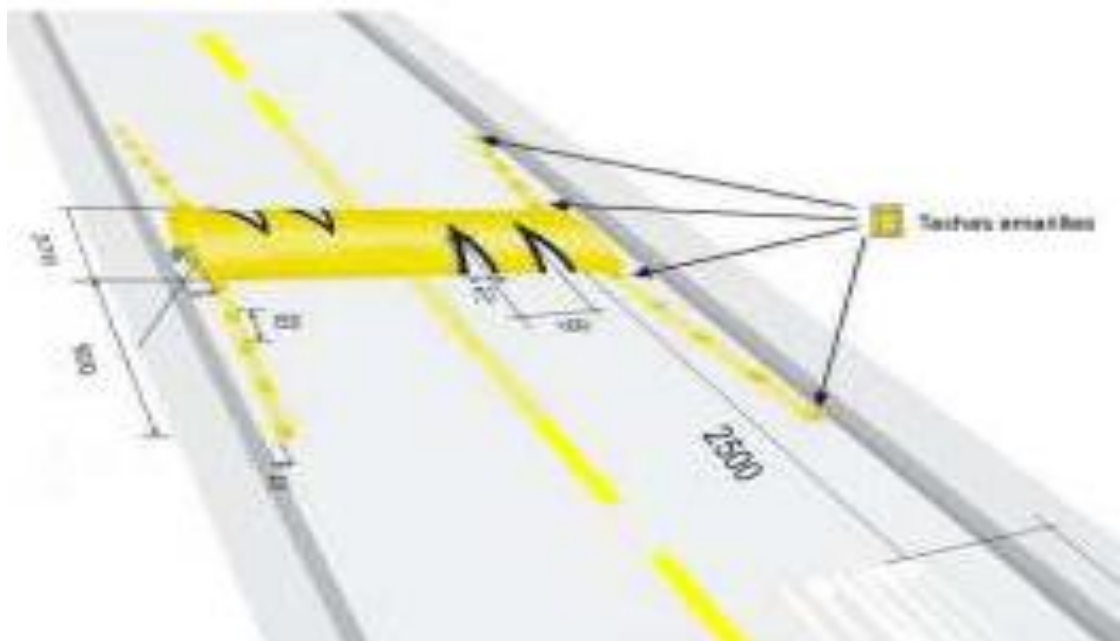
- Que haya ocurrido a lo menos un accidente de tránsito anual durante los dos últimos años, al cual haya contribuido el factor velocidad, ya sea en la ocurrencia o en su gravedad.
- Que la velocidad de operación sea mayor a 60 km/hr y que ésta constituya un factor de riesgo de accidentes, particularmente para peatones, ciclistas u otros usuarios vulnerables.

En nuestro caso si cumple con los 2 criterios, se dieron accidentes en dos años consecutivos debidos al exceso de velocidad y también las velocidades antes de llegar al TCA 1 exceden las 60km/h.

Dónde instalarlos:

- En el caso de cercanía a intersecciones y de haber virajes de buses articulados o camiones con remolque hacia la vía donde se proyecte instalar cojines, se recomienda que éstos sean instalados a lo menos a 25 m de la esquina.
- Se instalará en un solo carril de Norte a Sur. Serán ubicados en serie, según se recomienda distanciados 1.4 m uno de otro.

Figura N° 60. Imagen de reductor de velocidad, rompe muelle



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### **SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA (SP-52 PEATONES EN LA VIA)**

Se implantará esta señal porque el lugar denominado TCA 1 tiene presencia de muchas personas debido a que en el lugar se encuentran locales de expendio de comida y bebida, también comercial de material y viviendas privadas. Esto se hará con el fin de prevenir al conductor sobre la presencia de una zona donde existen peatones en la vía.

Figura N° 61. Señal vertical de prevención, peatones en la vía



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 3.8.2.2. Para el TCA 2

#### SEÑALIZACIÓN DE TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

Instalación de carteles de tramo de concentración de accidentes en cada sentido de la circulación. Propuesta de la señalización vertical que se ubicará en el principio y final de los tramos de concentración de accidentes, Ver Figura N° 62.

Las dimensiones para las señalizaciones propuestas en la presente investigación son los siguientes: Al inicio del TCA, Ancho:1.44 m; Largo:1.80 m.

Figura N° 62. Señalización de tramo de concentración de accidentes TCA 4



Fuente: Elaboración propia.

Al final de TCA, Ancho:1.44 m.; Largo: 0.60 m.

Figura N° 63. Señalización fin de tramo de concentración de accidentes TCA 4



Fuente: Elaboración propia.

## **DISPOSITIVO DE CANALIZACIÓN (DELINEADORES DIRECCIONALES DOBLES DC 6a - DC 6b)**

Se implementará este dispositivo porque la mayoría de los accidentes en este tramo se dieron durante la noche

Su disposición siempre se realiza en grupo, tienen como propósito guiar al usuario en la conducción por una curva de peligrosidad.

Los delineadores direccionales dobles derechos e izquierdos, sólo se dispondrán para advertir y ayudar al usuario a visualizar el desarrollo de toda curva, señalizada como curva cerrada o que imponga una restricción en la velocidad de circulación de más de 20 km/h, respecto a la velocidad asociada a las condiciones generales del sector donde se ubica la curva. Como la curva cuenta con barrera de contención, entonces estos se ubicarán tras la barrera, cuidando que no se afecte la visibilidad de ningún elemento.

Figura N° 64. Delineador vertical doble



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

## **TACHAS REDUCTORAS DE VELOCIDAD**

El exceso de velocidad en relación a ciertas condiciones de la vía y del entorno, es uno de los principales factores contribuyentes al riesgo, ocurrencia y gravedad de los accidentes de tránsito. Es por esta razón que implementaremos las llamadas “medidas calmantes de velocidad”, más conocida como el resalto o “rompe-muelle”.

Estas tachas reductoras de velocidad son más grandes que las normales que se usan para la demarcación de la vía, estos responden a la necesidad de crear dispositivos que calmaran la velocidad. Para la instalación de estas tachas se recomienda que se dé uno o más de los siguientes criterios:

- Que haya ocurrido a lo menos un accidente de tránsito anual durante los dos últimos años, al cual haya contribuido el factor velocidad, ya sea en la ocurrencia o en su gravedad.
- Que la velocidad de operación sea mayor a 60 km/hr y que ésta constituya un factor de riesgo de accidentes, particularmente para peatones, ciclistas u otros usuarios vulnerables.

Se cumple con la recomendación para la instalación, además que son retrorreflectantes lo cual hace que el usuario que circula por la vía pueda percatarse de la existencia de un reductor de velocidad.

Figura N° 65. Tachas reductoras de velocidad



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC.

### 3.8.3. DESDE EL PUNTO DE PREVENCIÓN

La policía boliviana mediante su dirección del organismo operativo de tránsito considera, dentro de sus competencias, que su misión principal es la mejora de la seguridad vial y su consiguiente reducción de los índices de siniestralidad.

Mediante el ministerio de transportes y comunicaciones, deberá realizar las siguientes acciones:

Establecer una dirección de seguridad vial de Bolivia, que se encargue de implementar un plan de seguridad vial participativo, con la intervención de las entidades inmersas en seguridad vial como: Ministerio de transportes y comunicaciones, Policía nacional de Bolivia, administradora boliviana de carreteras, ministerio de salud y otras, a fin de coordinar actividades con el fin de mitigar los accidentes de tránsito en los tramos de concentración de accidentes.

### 3.8.4. COSTOS DE LA IMPLEMETACIÓN DE SEÑALIZACIÓN Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN CADA TCA

#### 3.8.4.1. Cotización 1

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total Bs.
1	<p><b>Provisión de delineador de curva horizontal – grado diamante Marca 3M. Delineador doble (0.84mx0.60m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión Digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos galvanizados con arandela y tuerca.</li> <li>- NOTA: Cada una de estas señales consta de dos letreros (Chevrone) de 45 x 60.</li> </ul>	Pieza	56	1,378.94	77,220.64
2	<p><b>Provisión de postes de sujeción de hormigón pretensado para letreros de delineadores de curva horizontal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensiones de Perfil Tipo H: 15,50 cm x 14 cm</li> <li>- Alto: Hasta 220 cm</li> <li>- Sello de Calidad de IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad) desde el año 1998</li> <li>- Certificación ISO 9001:2000 desde el año 2006</li> <li>- Resistencia característica: 200 Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Sección de acero: 31,88 mm<sup>2</sup></li> <li>- Resistencia ultima Acero: 1800 Kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>	Pieza	56	209.00	11,704.00

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquina extrusora vibro-compactadora autopropulsada</li> <li>- Fraguado a vapor.</li> <li>- Peso 35,50 Kg/ml.</li> </ul>				
<b>3</b>	<p><b>Instalación de poste y letreros de señalización vertical</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavación de fundación.</li> <li>- Instalación de poste con zapata de hormigón.</li> <li>- Equipo para instalar poste y letreros: Pala cargadora, volqueta y mezcladora.</li> <li>- Instalación de plancha metálica.</li> </ul>	Pieza	56	260	14,560.00
<b>4</b>	<p><b>Provisión de letreros de señalización vertical con bastidor - grado diamante marca 3M. (Precaución tramo de concentración de accidentes 1.80mx1.44m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos de 7" x 3/8 con arandela y tuerca, todos galvanizados.</li> <li>- Bastidor transversal de tubo galvanizado de fierro cuadrado de 30 x 30 mm, de 1,60 mm de espesor.</li> </ul>	Pieza	4	3,805.06	15,220.24
<b>5</b>	<p><b>Provisión de letreros de señalización vertical – grado diamante marca 3M (Fin de tramo de concentración de accidentes 1.44mx0.60m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> </ul>	Pieza	4	1,181.95	4,727.80



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Símbolos y letras en impresión Digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos de 7" x 3/8 con arandela y tuerca, todos galvanizados.</li> </ul>				
<b>6</b>	<p><b>Provisión de letreros de señalización vertical – grado diamante marca 3M (Preventiva 0.60mx0.60m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión Digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos de 7" x 3/8 con arandela y tuerca, todos galvanizados.</li> </ul>	Pieza	1	492.48	492.48
<b>7</b>	<p><b>Provisión de letreros de señalización vertical – grado diamante marca 3M (Reglamentaria 0.60mx0.90m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión Digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos de 7" x 3/8 con arandela y tuerca, todos galvanizados.</li> </ul>	Pieza	1	738.72	738.72
<b>8</b>	<p><b>Provisión de postes de sujeción de hormigón pretensado para letreros de señalización vertical de 3.5 m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensiones de perfil Tipo H: 15,50 cm x 14 cm</li> </ul>	Pieza	10	332.50	3,325.00

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto: Hasta 350 cm</li> <li>- Sello de calidad de IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad) desde el año 1998</li> <li>- Certificación ISO 9001:2000 desde el año 2006</li> <li>- Resistencia característica: 200 Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Sección de acero: 31,88 mm<sup>2</sup></li> <li>- Resistencia ultima Acero: 1800Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Maquina extrusora vibro-compactadora autopropulsada</li> <li>- Fraguado a vapor.</li> <li>- Peso 35,50 Kg/ml.</li> </ul>				
<b>9</b>	<p><b>Instalación de poste y letreros de señalización vertical</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavación de fundación.</li> <li>- Instalación de poste con zapata de hormigón.</li> <li>- Equipo para instalar poste y letreros: Pala cargadora, volqueta y mezcladora.</li> <li>- Instalación de plancha metálica.</li> </ul>	Pieza	10	280	2,800.00
<b>10</b>	<p><b>Provisión e instalación tachones reflectivos bidireccionales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tachón reductor de velocidad, industria brasilera.</li> <li>- Placa reflectiva en anverso y reverso color amarilla (Bidireccional)</li> <li>- Cuerpo amarillo, polímeros de alta resistencia</li> <li>- Reflectividad mínima (SI): 6.0</li> <li>- Medidas 25 cm x 15 cm x 5 cm</li> <li>- 2 Pernos de sujeción</li> <li>- Remarcación de marcas según diseño</li> <li>- Pegamento bituminoso de alto grado de adherencia</li> <li>- Instalación con personal calificado.</li> </ul>	Pieza	22	175.00	3,850.00
<b>Total bs.</b>					<b>134,638.88</b>

## 3.8.4.2. Cotización 2

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total Bs.
1	<p><b>Provisión de delineador de curva horizontal – grado diamante Marca 3M. Delineador doble (0.84mx0.60m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión Digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos galvanizados con arandela y tuerca.</li> </ul>	Pieza	112	802.00	89,824.00
2	<p><b>Provisión de postes de sujeción de hormigón pretensado para letreros de delineadores de curva horizontal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensiones de Perfil Tipo H: 15,50 cm x 14 cm</li> <li>- Alto: Hasta 220 cm</li> <li>- Sello de Calidad de IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad) desde el año 1998</li> <li>- Certificación ISO 9001:2000 desde el año 2006</li> <li>- Resistencia característica: 200 Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Sección de acero: 31,88 mm<sup>2</sup></li> <li>- Resistencia ultima Acero: 1800 Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Maquina extrusora vibro-compactadora autopropulsada</li> <li>- Fraguado a vapor.</li> <li>- Peso 35,50 Kg/ml.</li> </ul>	Pieza	56	145.00	8,120.00
3	<p><b>Instalación de poste y letreros de señalización vertical</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavación de fundación.</li> </ul>	Pieza	56	292.00	16,352.00

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de poste con zapata de hormigón.</li> <li>- Equipo para instalar poste y letreros: Pala cargadora, volqueta y mezcladora.</li> <li>- Instalación de plancha metálica.</li> </ul>				
<b>4</b>	<p><b>Provisión de letreros de señalización vertical con bastidor - grado diamante marca 3M.</b>  <b>(Precaución tramo de concentración de accidentes 1.80mx1.44m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos de 7" x 3/8 con arandela y tuerca, todos galvanizados.</li> <li>- Bastidor transversal de tubo galvanizado de fierro cuadrado de 30 x 30 mm, de 1,60 mm de espesor.</li> </ul>	Pieza	4	4,124.00	16,496.00
<b>5</b>	<p><b>Provisión de letreros de señalización vertical – grado diamante marca 3M</b>  <b>(Fin de tramo de concentración de accidentes 1.44mx0.60m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión Digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos de 7" x 3/8 con arandela y tuerca, todos galvanizados.</li> </ul>	Pieza	4	1,375.00	5,500.00

6	<p><b>Provisión de letreros de señalización vertical – grado diamante marca 3M (Preventiva 0.60mx0.60m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión Digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos de 7" x 3/8 con arandela y tuerca, todos galvanizados.</li> </ul>	Pieza	1	573.00	573.00
7	<p><b>Provisión de letreros de señalización vertical – grado diamante marca 3M (Reglamentaria 0.60mx0.90m)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plancha metálica de 3 mm de espesor (De acuerdo a Anexo B del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Tratamiento antioxidante.</li> <li>- Galvanizado de zinc.</li> <li>- Adhesivo reflectivo grado diamante.</li> <li>- Símbolos y letras en impresión Digital (De acuerdo a Anexo A del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC).</li> <li>- Barniz protector UV.</li> <li>- Pernos de 7" x 3/8 con arandela y tuerca, todos galvanizados.</li> </ul>	Pieza	1	859.00	859.00
8	<p><b>Provisión de postes de sujeción de hormigón pretensado para letreros de señalización vertical de 3.5 m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensiones de perfil Tipo H: 15,50 cm x 14 cm</li> <li>- Alto: Hasta 350 cm</li> <li>- Sello de calidad de IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad) desde el año 1998</li> <li>- Certificación ISO 9001:2000 desde el año 2006</li> </ul>	Pieza	10	231.00	2,310.00

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia característica: 200 Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Sección de acero: 31,88 mm<sup>2</sup></li> <li>- Resistencia última Acero: 1800Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Máquina extrusora vibro-compactadora autopropulsada</li> <li>- Fraguado a vapor.</li> <li>- Peso 35,50 Kg/ml.</li> </ul>					
<b>9</b>	<b>Instalación de poste y letreros de señalización vertical</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavación de fundación.</li> <li>- Instalación de poste con zapata de hormigón.</li> <li>- Equipo para instalar poste y letreros: Pala cargadora, volqueta y mezcladora.</li> <li>- Instalación de plancha metálica.</li> </ul>	Pieza	10	292.00	2,920.00	
<b>10</b>	<b>Provisión e instalación tachones reflectivos bidireccionales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tachón reductor de velocidad, industria brasilera.</li> <li>- Placa reflectiva en anverso y reverso color amarilla (Bidireccional)</li> <li>- Cuerpo amarillo, polímeros de alta resistencia</li> <li>- Reflectividad mínima (SI): 6.0</li> <li>- Medidas 25 cm x 15 cm x 5 cm</li> <li>- 2 Pernos de sujeción</li> <li>- Remarcación de marcas según diseño</li> <li>- Pegamento bituminoso de alto grado de adherencia</li> <li>- Instalación con personal calificado.</li> </ul>	Pieza	22	180.00	3,960.00	
					<b>Total bs.</b>	<b>146,914.00</b>

**COTIZACIÓN 1:** Empresa IMDUPAINT Calle Atahualpa N° 2268 - Tel. Fax. (591-4) 4458054 Cel. 70303000 - Email: [m.gumiel@indupaint.com](mailto:m.gumiel@indupaint.com) Cochabamba – Bolivia

**COTIZACIÓN 2:** Empresa MAC SAN señalización vial e industrial Cel. 70722296 – Email: <http://www.macsanbolivia.com> Parque Jorge Trigo Andia #19 Zona Tupuraya Cochabamba, Cercado

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- El lugar de estudio fue la carretera Tarija – El Puente, esta cuenta con una distancia de 79.8 km, tomando como punto inicial de estudio el cruce de la carretera hacia San Lorenzo con la carretera hacia Potosí, y el punto final es en el municipio de El Puente, exactamente en el límite con Chuquisaca.
- Se obtuvo los registros de accidentes de tránsito de la policía de San Lorenzo y se procedió a analizar los datos obtenidos de accidentes de tránsito, estos registros nos dieron un total de 84 accidentes en los 5 años de estudio del 2017 al 2021 en la carretera Tarija – El Puente que nos determinó 4 puntos de peligrosidad denominados posibles tramos de concentración de accidentes, donde hubo más concentración de accidentes en los que se aplicó los métodos de índice de peligrosidad y el método de la transportation research board (TRB).
- Comparando las velocidades que imprimen los vehículos con la velocidad permitida o de diseño se pudo evidenciar que los vehículos que sobrepasan la velocidad permitida son los vehículos livianos, siendo esta la principal causa de los accidentes en nuestro medio.
- Para las acciones de mejora en los tramos de concentración de accidentes, se plantea la implementación de señales verticales y reductores de velocidad como un plan a corto plazo y un trabajo coordinado entre el ministerio de transportes y comunicaciones, policía nacional de Bolivia y la administradora boliviana de carreteras.
- Se evaluó y cuantificó la cantidad de señalizaciones en los lugares denominados tramo de concentración de accidentes, donde se pudo evidenciar la falta de señales de prevención. Mediante esta evaluación y cuantificación se tienen: Señales verticales preventivas 11 piezas, señales verticales reglamentarias 8 piezas, señales verticales informativas 7 piezas, resalto o rompe muelle 4 piezas, hito kilometraje 4 piezas y otra 1 pieza.



- Se realizó aforos de 24 horas durante una semana en cada tramo, es decir durante 3 semanas discontinuas, así se obtuvo el tráfico promedio semanal, para luego mediante fórmulas estadísticas determinar el tráfico promedio diario anual, se pudo evidenciar que en la semana de aforo se tuvo un total de 8739 vehículos de los cuales 6015 correspondieron a autos y minivans con un porcentaje del 68.83 %, esto se debe al elevado flujo vehicular que hay de empresas de transporte rápido de pasajeros hacia las provincias de Tarija (Izcayachi, El Puente, etc.), también hacia las provincias de Chuquisaca (Las Carreras, Villa Abecia, Camargo, etc.) y hacia Potosí (Villazón, Cotagaita)
- Comparando los resultados obtenidos de los cálculos mediante cada método se confirmaron que de los cuatro tramos en estudio dos son TCA, estos tramos son el tramo 1 y tramo 2, o ahora confirmado tramo de concentración de accidentes 1 y tramo de concentración de accidentes 2, se pudo obtener estos resultados mediante los accidentes registrados en 5 años en cada tramo con un total de 84 accidentes y al poco volumen de tráfico con un volumen de tráfico anual de 488370 vehículos para el tramo 1, 301855 vehículos para el tramo 2 y 296745 vehículos para el tramo 3.
- Se determinó mediante un análisis comparativo que el método del Índice de Peligrosidad y su nueva versión no son adaptables a nuestro medio, ya que nos dan resultados fuera de la realidad como se puede apreciar con índices de peligrosidad desde 205 a 1011 que difieren mucho a los rangos que nos presenta el cuadro N° 20 esto se debe a que son aplicados a carreteras de mayor volumen de tráfico.
- Existe relación directa entre las señalizaciones, los reductores de velocidad y los tramos de concentración de accidentes de tránsito, sin embargo, estas se pueden disminuir con implementación de reductores de velocidad y la adición de señalizaciones horizontales y verticales que adviertan la existencia de un tramo de concentración de accidentes.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la investigación, realizando estudios de tramos de concentración de accidentes de tránsito en las diferentes carreteras que conforman la red vial de la ciudad de Tarija donde más se produce dichos accidentes para poder evitarlos a futuro y así se pueda tener un mapa de puntos críticos en la ciudad de Tarija y sus provincias.
- Realizar una investigación sobre accidentes de tráfico en Tarija y la valoración monetaria de los muertos y heridos por los accidentes de tráfico, respaldar las evaluaciones mediante un estudio para justificar la implementación de medidas de seguridad vial, mejoramiento de la vía y otros. Todo esto para contar con una estimación de la pérdida económica debido a los accidentes de tráfico en Tarija y Bolivia.
- Redactar una definición de tramo de concentración o punto de concentración de accidentes acorde a nuestro país, adaptar parámetros de otros países que definan límites para identificar: Tramos de concentración de accidentes y Puntos de concentración de accidentes.
- Finalmente se recomienda pedir a las entidades encargadas de la seguridad vial contar con un sistema de base de datos o formulario que incluya diferentes aspectos que permiten un análisis de accidentabilidad, estos aspectos son: Número, código, gestión, fechas, ubicación con tramo, zona y coordenadas del GPS, probables causas, genero, edad de los protagonistas, grado alcohólico, tipo de vehículo, número de heridos, número de muertos y otros. Estos datos deben estar al alcance de todas las personas para realizar estudios sobre tramos de concentración de accidentes.